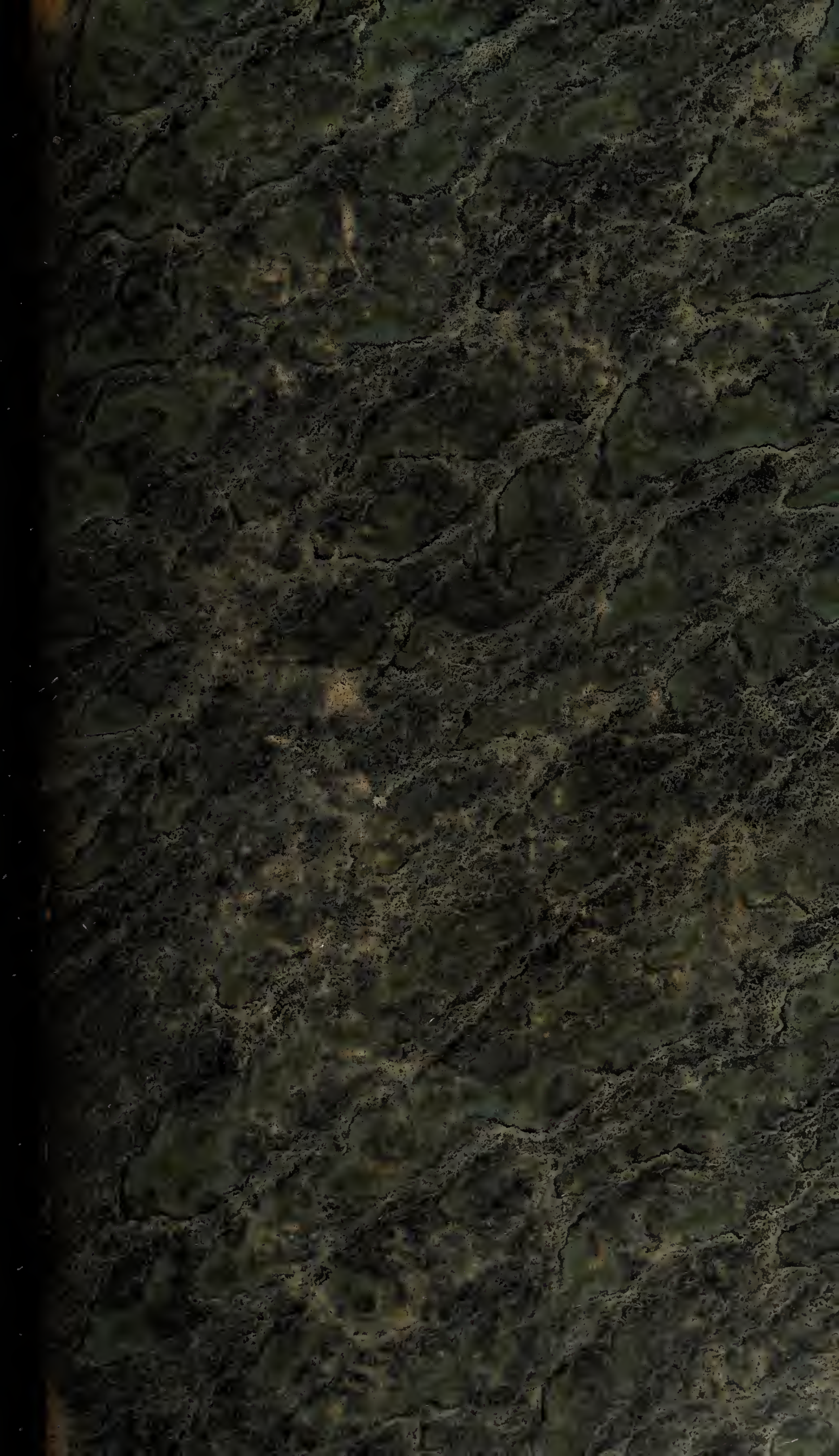



Vitam impendere Vero
x libris D. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXVII.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-SEPTIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1824.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Des *Actions électro-motrices de l'eau et des liquides en général sur les métaux, et des Effets électriques qui ont lieu,* 1°. *dans le contact de certaines flammes et des métaux;* 2°. *dans la combustion.*

Par M. Becquerel,

Ancien Chef de Bataillon du Génie.

Actions électro-motrices de l'eau sur les métaux.

Nous nous sommes attachés jusqu'ici à réduire au plus petit nombre possible les causes qui produisent les phénomènes électriques, soit dans le contact des corps, soit au moment où ces corps se combinent entr'eux. Constamment guidés par cette manière de voir, nous avons dû soumettre à l'expérience, des corps simples, autant que les circonstances pouvaient le permettre. Des recherches de ce genre exigent que l'on modifie continuellement les moyens d'expérience; car, à mesure que l'on écarte une des causes qui concourent à la production

d'un phénomène, on diminue souvent son intensité à un point tel qu'il faut alors pour l'observer un appareil plus sensible.

Depuis quelque temps nous avions cherché à déterminer l'action électro-motrice de l'eau sur un métal; mais nos premières tentatives ne furent pas satisfaisantes : d'abord, le condensateur n'avait pas assez de sensibilité, et ensuite le mode même d'expérience n'était pas convenable. Nous posions sur le plateau supérieur du condensateur une bande de papier et dessus le vase de métal dans lequel nous versions de l'eau. Nous reconnûmes de suite que cette bande de papier n'empêchait pas qu'il n'y eût des actions électro-motrices entre elle et les métaux; dès-lors il devenait impossible de recueillir l'électricité très-faible qu'acquérait le vase de métal pendant son contact avec l'eau.

Depuis nous nous rappelâmes que Coulomb avait trouvé que l'électricité s'échappait très-rapidement par les supports en verre et en bois quand ils étaient légèrement humides, propriété que M. Rousseau a mise dernièrement dans tout son jour, en montrant, avec un électro-mètre de son invention, que tous les corps mauvais conducteurs, recouverts d'une petite couche d'eau hygrométrique, conduisaient avec facilité de très-petites quantités d'électricité. En conséquence nous prîmes une petite capsule en bois ou en porcelaine, remplie d'eau distillée, et après avoir légèrement humecté ses parois, nous la plaçâmes sur le plateau supérieur du condensateur. Mais comme cette capsule exerce quelquefois une action électro-motrice, très-faible à la vérité, sur le plateau, on la détruit en touchant le plateau inférieur

avec une capsule formée de même matière. On peut même pousser la précaution jusqu'à la remplir d'eau distillée ; alors, touchant cette eau avec le doigt, on tient compte, de part et d'autre, de l'action de l'eau sur le bois. Des lames de différens métaux tenues entre les doigts furent plongées dans l'une des deux capsules, en prenant la précaution de ne pas toucher les parois ; l'autre plateau se trouvait en communication avec la terre. Le zinc, le fer, le plomb, l'étain, le cuivre, etc. lui communiquèrent l'électricité positive ; tandis que le platine, l'or, l'argent, etc. lui donnèrent l'électricité négative. L'eau est donc positive avec les métaux qui sont le plus positifs, et négative avec ceux qui le sont le moins. Elle se comporte donc avec les métaux oxidables comme les alcalis dans leur contact avec les acides, lorsqu'il n'y a pas action chimique.

Ces phénomènes ont encore lieu quand l'eau contient une petite quantité d'acide sulfurique. On doit remarquer que l'eau est alors décomposée par le fer et le zinc, et que ces métaux sont attaqués. L'action chimique, dans cette circonstance, n'a donc pas empêché la production des phénomènes électriques qui résultent du contact des métaux et de l'eau.

Ces expériences exigent de grandes précautions : il faut que la surface de chaque métal soit parfaitement décapée ou polie, non avec du papier préparé à l'émeri, mais bien avec du verre pilé, afin d'éviter qu'il ne reste sur leurs surfaces des grains d'émeri qui pourraient y exercer des actions électro-motrices. Il est préférable aussi de se servir d'une capsule en bois légèrement mouillée, parce que ses fibres, se trouvant imprégnées d'humidité, con-

duisent le fluide électrique avec plus de facilité que le verre ou la porcelaine. Malgré ces précautions, il arrive quelquefois qu'on n'obtient aucun résultat; mais quand les phénomènes se produisent, c'est toujours dans l'ordre que nous venons d'annoncer.

Peut-être serait-on porté à croire que les petites quantités d'électricité qui restent souvent attachées à la légère couche de vernis dont chaque plateau du condensateur est recouvert, troublent par leur présence les résultats et induisent en erreur, surtout dans les expériences où le développement d'électricité est faible. Mais il n'en est pas ainsi; car les précautions que nous prenons nous garantissent de semblables effets. Avant de commencer une expérience, nous nous assurons à plusieurs reprises que les plateaux ne retiennent plus d'électricité; quand nous en trouvons, nous les faisons chauffer assez fortement pour la chasser, ou bien nous plaçons, comme le fait M. Pouillet, un disque d'étain entre les deux plateaux : alors les petites quantités d'électricité qui restent à la surface des couches de vernis se recombinent par son intermédiaire. Ensuite nous nous servons successivement, pour collecteur, de chacun des deux plateaux, l'un et l'autre étant disposés pour recevoir une capsule. Si l'on obtient alors une électricité différente, c'est une preuve que l'expérience a réussi, abstraction faite des causes perturbatrices. En outre, les lois auxquelles la plupart des résultats sont soumis viennent encore à l'appui de l'exactitude des expériences.

Nous devons encore prévoir une autre objection : quand on pose sur l'un des plateaux du condensateur une capsule en porcelaine ou en verre, etc., et qu'on la tou-

che avec le doigt, qui, comme on sait, n'est pas bon conducteur, le condensateur ne se charge pas. On peut croire qu'en touchant l'eau qu'elle renferme avec un métal excellent conducteur, la décharge de l'électricité supposée acquise par la capsule, dans son contact avec le plateau, doit être plus rapide et le condensateur se charger; mais les choses ne se passent pas de cette manière, car tous les métaux devraient donner la même électricité dans leur contact avec l'eau, ce qui n'est pas. Ensuite, en tenant le métal entre les doigts, on n'augmente que momentanément la conductibilité, puisque l'électricité, après avoir traversé le métal, est obligée de passer de nouveau dans la main, où elle trouve les mêmes obstacles que lorsque le doigt touchait le liquide. Il est donc bien prouvé maintenant que nous avons réellement observé les actions électro-motrices de l'eau sur les métaux.

Ces actions étant trouvées, nous avons cherché ensuite si leur intensité n'était pas susceptible d'augmenter ou de diminuer, suivant les modifications que pouvaient éprouver les surfaces des métaux dans certaines circonstances. Une lame d'or fut plongée dans de l'acide nitrique pendant quelques instans, et lavée ensuite dans l'eau à plusieurs reprises; ensuite elle fut mise en contact avec l'eau de la capsule de bois : il en résulta un développement d'électricité beaucoup plus considérable qu'avant; l'eau prit encore l'électricité négative. Cette même lame, plongée de nouveau dans une dissolution de potasse, perdit en grande partie la faculté de s'électriser par le contact de l'eau. Une lame de platine a offert des résultats absolument semblables. Ces phéno-

mènes n'auraient-ils pas quelques rapports éloignés avec ceux observés par MM. Thenard et Dulong, dans leurs recherches sur la propriété dont jouissent certains corps de favoriser la combinaison des fluides élastiques. Ces deux célèbres savans trouvèrent qu'un fil de platine neuf, qui ne s'échauffait pas à la température ordinaire lorsqu'on le plaçait sous un courant de gaz hydrogène qui se répandait dans l'air, devenait susceptible de rougir quand il avait été préalablement plongé dans l'acide nitrique pendant quelques minutes, et qu'on avait enlevé l'excédant d'acide. La propriété qu'acquiert alors le fil de platine subsiste plus de vingt-quatre heures. Nous avons reconnu qu'une lame d'or conservait pendant plusieurs heures la faculté de s'électriser fortement dans son contact avec l'eau.

Nous nous proposons de revenir sur ces phénomènes, que nous ne faisons qu'indiquer ici.

Effets électriques observés dans le contact de deux métaux avec un liquide.

Nous avons déjà dit que les effets électriques qui se manifestaient lorsque deux métaux étaient séparés par un liquide, n'étaient pas semblables à ceux qui avaient lieu quand le liquide était remplacé par un métal quelconque; car Volta trouva que, dans ce dernier cas, le métal intermédiaire ne servait que de conducteur, tandis que nous avons montré qu'il n'en était pas de même dans l'autre. Il est très-probable que la tension électrique de chaque métal est due ici à une différence d'action. Admettons donc ce principe jusqu'à ce que l'expérience nous ait prouvé qu'il n'est pas exact. Prenons,

par exemple, le cuivre et le zinc, et représentons les tensions électriques du cuivre et du liquide par $+\delta$ et $-\delta$, celles du zinc et du même liquide zinc par $+\delta'$ et $-\delta'$; l'électricité δ du liquide sera commune aussi au zinc, comme l'électricité δ' le sera au cuivre. Il s'ensuivra que les tensions électriques du cuivre et du zinc seront :

$$+\frac{\delta-\delta'}{2} \text{ et } +\frac{\delta'-\delta}{2}.$$

Ainsi, selon que δ sera plus grand ou plus petit que δ', l'électricité du cuivre sera positive ou négative, tandis que celle du zinc sera contraire. Tout porte à croire que les choses se passent ainsi.

Les tableaux suivans renferment les résultats de diverses expériences.

CAPSULE en métal.	LIQUIDE contenu dans la capsule.	MÉTAL plongé dans le liquide.	ÉTAT ÉLECTRIQUE de la capsule.
Platine.	Acide sulfurique concentré.	Or.	+
Idem.	*idem.*	Argent.	+
Idem.	*idem.*	Cuivre.	+
Idem.	*idem.*	Fer.	+
Idem.	*idem.*	Plomb.	+
Idem.	*idem.*	Zinc.	+
Platine.	Acide sulfurique très-étendu d'eau.	Or.	+
Idem.	*idem.*	Argent.	+
Idem.	*idem.*	Cuivre.	+
Idem.	*idem.*	Fer.	+
Idem.	*idem.*	Plomb.	+
Idem.	*idem.*	Zinc.	+

CAPSULE en métal.	LIQUIDE contenu dans la capsule.	MÉTAL plongé dans le liquide.	ÉTAT ÉLECTRIQUE de la capsule.
Cuivre.	Acide sulfurique concentré.	Or.	—
Idem.	*idem.*	Argent.	—
Idem.	*idem.*	Platine.	—
Idem.	*idem.*	Fer.	o
Idem.	*idem.*	Plomb.	o
Idem.	*idem.*	Zinc.	—
——	——	——	——
Cuivre.	Acide sulfurique étendu d'eau.	Or.	—
Idem.	*idem.*	Argent.	—
Idem	*idem.*	Platine.	—
Idem.	*idem.*	Fer.	+
Idem.	*idem.*	Plomb.	—
Idem.	*idem.*	Zinc.	+
——	——	——	——
Platine.	Dissolution de potasse.	Or.	+
Idem.	*idem.*	Argent.	+
Idem.	*idem.*	Cuivre.	+
Idem.	*idem.*	Fer.	+
Idem.	*idem.*	Plomb.	+
Idem.	*idem.*	Zinc.	+
——	——	——	——
Cuivre.	Dissolution de potasse.	Or.	—
Idem.	*idem.*	Argent.	—
Idem.	*idem.*	Platine.	—
Idem.	*idem.*	Fer.	+
Idem.	*idem.*	Plomb.	o
Idem.	*idem.*	Zinc.	+

A l'aide du principe que nous avons posé précédemment, nous pouvons interpréter tous ces résultats, et

en tirer même des conséquences qui seront utiles à la théorie électro-chimique.

En admettant, comme nous l'avons dit plus haut, que les états électriques de la capsule de métal et de la lame de métal soient représentés par

$$+\frac{\delta-\delta'}{2} \text{ et } +\frac{\delta'-\delta}{2}$$

($+\delta$ et $-\delta$ étant les tensions électriques de la capsule et du liquide acide qu'elle renferme, $+\delta'$ et $-\delta'$ celles du même liquide et de la lame métallique qu'on y plonge), il s'ensuit qu'un vase de platine qui contiendra de l'acide sulfurique concentré dans lequel on plongera une lame d'or, d'argent, de cuivre, de zinc, aura toujours, pour sa tension électrique

$$+\frac{\delta-\delta'}{2} = \text{une quantité positive;}$$

ce qui exige que δ soit plus grand que δ', d'où il faut conclure que le platine est plus positif dans son contact avec l'acide sulfurique que l'or, l'argent, le cuivre, etc., soumis à la même expérience.

Quand le vase de platine renferme de l'acide sulfurique étendu d'eau, il se passe d'autres phénomènes dont il faut tenir compte. Nous avons dit que le platine, l'or, l'argent prenaient l'électricité négative dans leur contact avec l'eau étendue de cet acide, tandis que le zinc, le plomb, le fer et le cuivre acquéraient l'électricité positive : il faut donc conclure de là que, pour le platine et le zinc, l'état électrique du premier sera

$$+\frac{\delta+\delta'}{2} = \text{une quantité positive,}$$

et l'état du second

$$-\frac{\delta - \delta'}{2} = \text{une quantité négative};$$

ce qui a toujours lieu. On reconnaît encore que le cuivre est moins négatif avec une dissolution de potasse que ne l'est le zinc dans son contact avec le même liquide.

Nous avons donc un procédé pour déterminer les rapports des états électriques des corps dans leur contact avec les liquides : dans le contact des métaux, on a trouvé que le platine est toujours négatif avec un métal quelconque; mais l'on ne sait pas encore s'il est, par exemple, plus négatif avec l'or, que l'or ne l'est avec l'argent; tandis que, dans les expériences dont nous venons de nous occuper, on peut trouver de semblables rapports quand l'un des corps est liquide.

Actions électriques produites par le contact de certaines flammes et des métaux.

Jusqu'à présent on ne s'est appliqué à rechercher des effets électriques que dans le contact des métaux les uns sur les autres, et dans celui des liquides avec les métaux et les bases salifiables, même lorsque ce contact était suivi d'une action chimique ; on a fait voir aussi que dans un circuit formé de deux parties d'un même métal, si l'on faisait rougir l'une d'elles près des points de jonction, il s'établissait dans tout le circuit, quand il était fermé, un courant électrique tel que le côté non chauffé fournissait l'électricité positive et l'autre l'électricité négative. On a reconnu aussi que l'électri-

cité développée dans ce phénomène n'avait pas de tension suffisante pour être rendue sensible avec un condensateur.

Nous allons nous occuper actuellement d'une autre classe de phénomènes. Au lieu de prendre un circuit tout métallique ou bien des métaux en contact avec des liquides quelconques, nous allons substituer à ces derniers des gaz enflammés, et nous observerons les phénomènes qui seront alors produits.

Les flammes que nous soumettrons à l'expérience sont celles qui proviennent de la combustion de l'alcool, du gaz hydrogène ou d'une feuille de papier.

Plaçons sur la capsule de bois ou de porcelaine qui communique avec l'un des plateaux du condensateur, un fil de platine, ou une lame de même métal d'un décimètre de longueur, et qui dépasse le bord du plateau; mettons le plateau inférieur en communication avec la terre; plongeons une des extrémités du fil ou de la lame dans une des flammes dont nous venons de parler: si le métal atteint la température rouge, il prendra l'électricité négative; dans le cas contraire, il acquerra l'électricité positive. Dans ces deux circonstances, la flamme aura toujours une électricité opposée à celle du métal. Pour recueillir celle que prend la flamme, on passe sur la capsule un morceau de bois mouillé, qui, n'éprouvant pas de combustion, fait l'office de conducteur, et transmet au condensateur l'électricité qu'il a prise à la flamme.

Un fil de cuivre donne un résultat analogue. En général, il paraît que tous les métaux jouissent plus ou moins de la faculté que nous venons de reconnaître dans

le platine et dans le cuivre. Ainsi un métal plongé dans une flamme alimentée par un courant de gaz hydrogène prend l'électricité négative ou positive, selon que sa température est plus ou moins élevée, et communique à la flamme l'électricité contraire. Il reste maintenant à déterminer les températures auxquelles ces phénomènes se produisent dans chaque métal. Or, comme le passage d'un état électrique à un autre est indiqué par l'absence d'électricité, il s'ensuit qu'il arrive quelquefois qu'on communique au métal une température qui ne lui donne aucune électricité.

Quand on reçoit sur un des plateaux du condensateur l'électricité acquise par la flamme, on peut, si l'on veut, mettre celle-ci en communication avec la terre en la touchant avec un morceau de bois mouillé. Quoique la flamme, en se renouvelant continuellement, emporte avec elle l'électricité qu'elle a acquise dans son contact avec le métal, l'expérience prouve que la décharge a lieu encore plus rapidement en opérant comme nous venons de l'indiquer.

Mais si, au lieu de toucher la flamme avec un morceau de bois mouillé, l'on se sert d'une lame de même métal que celle qui est posée sur la capsule, on trouve que l'une et l'autre se constituent dans deux états électriques différens; la lame qui est chauffée au rouge prend l'électricité négative, et celle qui l'est moins l'électricité positive.

On obtient encore des effets entièrement semblables quand les deux lames sont faites de métaux différens; nous croyons néanmoins que leur intensité est plus marquée dans certaines circonstances.

Quand on se sert du dard produit dans une flamme de bougie par le chalumeau, on retrouve encore les mêmes effets.

Ces phénomènes résultent-ils d'un frottement de la flamme sur les métaux, ou bien sont-ils dus à une action électro-motrice ? Nous penchons pour la dernière opinion. On conçoit qu'il y ait frottement quand on plonge un fil métallique dans le dard du chalumeau ; mais dans une flamme tranquille comme celle produite par la combustion de l'alcool, comment pourrait-il avoir lieu ? Ensuite, comment deux lames de même métal et d'inégale épaisseur, plongées en même temps dans une flamme, prendraient-elles chacune une électricité différente par cela seul que l'une a une température plus élevée que l'autre, si on n'admettait pas une action électro-motrice ? Il est bien certain aussi que ces phénomènes ne proviennent pas uniquement d'une différence de température dans plusieurs parties d'un même métal ; car l'extrémité d'une lame en platine a été rougie au foyer de la très-forte lentille de M. Fresnel, sans qu'il en résultât aucun développement d'électricité.

Ces expériences n'ont aucun rapport avec celles de M. Ermann sur les propriétés conductrices de la flamme de l'alcool ; elles en auraient peut-être davantage avec les recherches de Volta sur la combustion d'un morceau d'amadou fixé à l'extrémité d'une tige communiquant à l'un des plateaux du condensateur. Cet illustre physicien trouva que lorsque l'appareil était éloigné des habitations, l'amadou prenait un excès d'électricité positive qui, sui-

vant lui, provenait de l'air ambiant : il en conclut que l'air avait toujours un excès d'électricité positive.

Dans nos expériences, nous ne pouvons pas tirer la même conséquence; car nous avons tantôt une électricité, tantôt une autre, suivant la température des métaux. Au surplus, de nouvelles recherches éclairciront sans doute ces phénomènes.

Phénomènes électriques qui accompagnent la combustion.

Les expériences précédentes nous ont conduits naturellement à rechercher ce qui se passait pendant la combustion de certains corps : on place sur la capsule de bois une feuille de papier ordinaire que l'on roule; on l'allume, et l'on fait ensuite communiquer la flamme avec le réservoir commun au moyen d'un morceau de bois humide, pour que l'électricité puisse s'écouler plus rapidement; le papier s'empare de l'électricité positive. Si l'on opère d'une manière inverse, en tenant le papier à la main, et faisant toucher la flamme à un morceau de bois mouillé, posé sur la capsule, on trouve que la flamme prend, au contraire, l'électricité négative. On peut donc conclure de ces deux expériences que lorsqu'un morceau de papier brûle, le papier prend l'électricité positive et la flamme l'électricité négative.

Si l'on verse de l'alcool dans une capsule de cuivre, et qu'on y mette le feu, on reconnaîtra avec le condensateur que la capsule s'empare de l'électricité positive.

Telles sont les recherches que nous avons faites sur les effets électriques produits par le contact de certains gaz enflammés et des métaux, et par la combustion. Elles

sont susceptibles de beaucoup de développemens, mais nous avons cru néanmoins devoir prendre la liberté de communiquer à l'Académie les premiers résultats que nous avons obtenus dans cette classe de phénomènes.

SUR *les Battitures de fer.*

Par Mr P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

LORSQU'ON chauffe à la chaleur blanche des morceaux de fer pur pour les étirer en barres ou pour les réduire en feuilles, ils se recouvrent d'une croûte d'oxide qui s'en détache sous la forme d'écailles aussitôt qu'ils reçoivent le choc des marteaux ou la pression des laminoirs. Ces écailles sont connues dans les usines sous le nom de *battitures*.

Les battitures sont d'autant plus épaisses que les masses de fer sur lesquelles elles se sont formées sont restées plus long-temps dans les foyers de la chaufferie : elles n'ont ordinairement qu'un à deux millimètres; elles sont d'un noir luisant, ayant un éclat demi-métallique; leur structure est cristalline et présente des lames entre-croisées, perpendiculaires à la surface des écailles. On dit qu'on en a observées en cristaux bien nets, ayant la forme de l'octaèdre régulier. Le plus souvent elles se composent de deux couches parallèles, l'une compacte et cristalline, qui se trouvait en contact avec le fer, et l'autre grenue et boursoufflée qui forme la partie extérieure. Cette structure ne permet pas de douter qu'elles ne se

liquéfient à une certaine époque de leur formation : cependant, en les chauffant à une très-haute température, on parvient à les ramollir, mais on ne peut pas les fondre complètement. Il est probable que leur fusion est produite par la chaleur locale qui se développe au moment où le fer incandescent se combine avec l'oxigène de l'air, chaleur qui doit par conséquent être très-grande, mais qui, se dissipant promptement, laisse bientôt la matière passer à l'état solide, en prenant une structure cristalline lorsque le refroidissement n'est pas trop rapide. On observe un phénomène semblable dans la combustion produite par le choc du briquet, dans la coupellation et dans beaucoup d'autres circonstances.

Les battitures sont très-magnétiques. Quand on les réduit en grains de la grosseur d'une tête d'épingle, elles s'attachent au barreau aimanté comme le fer métallique. J'ai trouvé leur pesanteur spécifique de 3,50 ; mais comme elles renferment toujours quelques cavités bulleuses, ce nombre doit être un *minimum*. Leur poussière est d'un noir grisâtre sans éclat.

Jusqu'ici on a cru que l'oxide des battitures était identique avec l'oxide magnétique de la nature et avec celui que l'on obtient lorsque l'on fait passer de la vapeur d'eau sur du fer chauffé au rouge. Ayant eu besoin d'oxide de fer très-pur pour faire des essais sur les silicates de fer, je l'ai employé en admettant cette supposition ; mais je n'ai pas tardé à m'apercevoir qu'il ne contient pas autant d'oxigène que l'oxide magnétique, que l'on nomme actuellement *deutoxide* : par exemple, lorsque, pour préparer un protosilicate de fer, j'employais des proportions calculées de battitures et de limaille de

fer, il restait toujours une certaine quantité de métal non oxidé. Quand je réduisais des battitures au creuset brasqué par cémentation, j'obtenais constamment des culots plus lourds que ceux qu'aurait pu produire l'oxide natif pur dans les mêmes circonstances. J'ai donc été obligé de rechercher quelle en est la vraie composition : cela m'a été facile, et il résulte de mes expériences que les battitures forment un oxide nouveau qui, d'après la quantité d'oxigène qu'il contient, se range entre le protoxide et l'oxide magnétique de la nature.

Cet oxide ne produit pas de sel particulier : il se décompose, par l'action des acides, en protoxide et en peroxide, tout comme le deutoxide actuel, et cette propriété fournit un moyen très-simple d'en faire l'analyse : c'est celui que j'ai employé. J'ai fait dissoudre des battitures dans de l'acide muriatique pur ; elles se dissolvent très-facilement, même à froid, lorsque l'acide est concentré, et la liqueur s'échauffe beaucoup. J'ai étendu d'eau et j'ai précipité le peroxide contenu dans la dissolution en y versant peu à peu du carbonate d'ammoniaque jusqu'à décoloration. Cette opération ne présente aucune difficulté ; elle m'a donné de 0,34 à 0,36 de peroxide, selon les battitures que j'ai employées. Je m'en suis procuré à dessein dans différentes usines, entre autres à Hayange (Moselle), à Tronçay (Allier), à Charenton, près Paris, à Bigny (Cher), et j'en ai recueilli qui provenaient, soit du travail du marteau, soit du travail du laminoir. Les plus pures sont celles qui ont produit le *maximum* de peroxide. Quand je n'en obtenais que 0,34, j'observais toujours, au moment de la dissolution, un léger dégagement de gaz hydrogène qui

ne durait que quelques instans, et que l'on voyait partir de très-petits grains de fer métallique évidemment mélangés accidentellement. Les mêmes battitures, soumises à l'essai par la voie sèche avec addition d'un cinquième de leur poids de verre terreux, et en opérant sur 20 à 30 grammes, m'ont donné des culots métalliques dont le poids a varié de 0,75 à 0,78. Si maintenant l'on rapproche ces résultats de ceux que l'on obtiendrait d'un oxide qui se serait composé de deux atomes de protoxide et d'un atome de peroxide, on trouve qu'il y a identité presque parfaite; car un tel oxide contiendrait :

Protoxide,	0,642 — $2f^2$,	ou fer,	0,745 — 100;
Peroxide,	0,358 — F^3,	ou oxigène,	0,255 — 0,344.

Je crois donc que c'est là la vraie composition des battitures. D'après cela, on devra désormais compter quatre oxides de fer dans lesquels les quantités d'oxigène combinées à une même quantité de fer seront entre elles :: 6 : 7 : 8 : 9.

L'oxide des battitures se forme toutes les fois que le fer se trouve en contact avec un oxide plus avancé à la chaleur blanche, ou qu'on le chauffe au contact de l'air de manière à ne pas l'oxider en totalité.

Je dois faire observer qu'il y a des battitures qui donnent à l'analyse beaucoup moins de 0,35 de peroxide; mais alors elles ne sont pas pures, elles contiennent un mélange de scories qui se décèle par la gelée qui se produit avec les acides concentrés. Comme ces scories sont des silicates de protoxide de fer avec grand excès de base, la présence de 0,02 à 0,05 de silice peut diminuer de près d'un cinquième la proportion du peroxide.

Peut-être sera-t-on tenté d'objecter à l'hypothèse que

j'adopte sur la composition des battitures, qu'un mélange de deutoxide et de fer métallique ou de protoxide de fer donnerait à l'analyse absolument les mêmes résultats que ceux que j'ai obtenus de l'oxide que je crois nouveau. On voit d'abord que si les battitures étaient des mélanges, il serait bien extraordinaire que les matières mélangées s'y trouvassent toujours dans les mêmes proportions; mais en outre j'irai au-devant de ces objections en exposant quelques faits qui, d'ailleurs, ne me paraissent pas dénués d'intérêt.

Si les battitures étaient un mélange de deutoxide de fer et de fer métallique, elles contiendraient 0,09 de ce dernier; mais alors leur pesanteur spécifique devrait être beaucoup plus grande qu'elle ne l'est effectivement, puisque celle du deutoxide est de plus de 4,70, et celle du fer de 7,50. De plus, lorsqu'on traite par un acide, l'acide muriatique, par exemple, un mélange de fer réduit en limaille très-fine et de deutoxide ou de peroxide pulvérisé, le fer se dissout avant l'oxide avec dégagement de gaz hydrogène, et l'on trouve dans la dissolution tout autant de peroxide qu'il y en aurait eu sans le mélange du fer métallique. Le gaz hydrogène ne réduit pas ce peroxide : or, comme les battitures contiennent moitié moins de peroxide que le deutoxide, il faudrait, d'après cette circonstance, admettre qu'elles renferment la moitié de leur poids de fer métallique, ce qu'il n'est pas possible de supposer, puisque, lorsqu'elles sont pures, elles donnent une quantité insensible d'hydrogène par les acides. D'ailleurs, si elles contenaient moitié de leur poids de fer, elles donneraient 0,86 de fonte à l'essai, ce que l'on est loin d'obtenir.

Reste à examiner si les battitures peuvent être un mélange de protoxide et de deutoxide. S'il en était ainsi, comme le protoxide est très-avide d'oxigène, elles devraient elles-mêmes avoir une grande tendance à se combiner avec ce corps, et cependant, non-seulement elles sont tout à-fait inaltérables à l'air, mais elles ne sont même attaquées que très-lentement et difficilement par l'acide concentré et bouillant. J'ai tenté de déterminer leur composition par ce moyen, en évaluant, d'après l'augmentation de poids, la quantité d'oxigène absorbé; mais je n'ai pas pu parvenir à les transformer en totalité en peroxide. Il est, au surplus, fort douteux que le protoxide de fer puisse exister à l'état de liberté; car ce corps étant à la fois base très-forte et tellement disposée à prendre une nouvelle dose d'oxigène qu'il décompose l'eau, on conçoit qu'il doit être fort difficile de l'obtenir hors de toute combinaison. La voie sèche me paraissant être le seul moyen par lequel on peut espérer d'y parvenir, j'en ai fait l'essai de diverses manières, mais sans succès. Voici celle qui semblait devoir mener le plus directement au but.

J'ai pris plusieurs creusets brasqués de charbon; j'ai mis dans chacun 100 grammes de battitures pulvérisées et passées au tamis de soie; je les ai remplis de charbon et bien bouchés avec des couvercles lutés, et je les ai placés dans un fourneau à vent pouvant donner une chaleur d'environ 70° pyrométriques. Je les ai retirés successivement du feu, le premier au bout d'une demi-heure, et le dernier au bout de trois heures, et j'ai examiné comparativement la matière qu'ils contenaient. Les culots avaient pris tous de la consistance sans changer

de forme ni diminuer de volume ; ils étaient enveloppés d'une couche de fer métallique, et l'oxide qui en occupait le centre n'avait éprouvé ni fusion ni altération ; on y trouvait toujours la même proportion relative de peroxide et de protoxide, par l'analyse humide. La couche métallique était d'autant plus épaisse que le creuset était resté plus long-temps au feu ; elle avait jusqu'à cinq millimètres. Cette couche métallique a un aspect particulier ; elle est matte et grenue dans sa cassure, et d'un gris olivâtre très-clair ; elle prend un vif éclat par le frottement des corps durs ; on peut la couper au couteau et la réduire, par ce moyen, en poudre très-fine ; elle est molle comme du plomb ; elle n'a aucune élasticité ; quand on la frappe elle s'aplatit et elle conserve l'empreinte du marteau ; sa pesanteur spécifique est tout au plus le tiers de celle du fer forgé : c'est du fer pur extrêmement divisé, et dans un état analogue à celui du platine en éponge.

Lorsque la cémentation a duré long-temps, la tranche des culots présente, de la surface au centre, 1°. une couche très-mince de fer métallique d'un bleu foncé ou noir ; 2°. une couche épaisse de fer olivâtre, d'une couleur uniforme ; 3°. une couche nuancée d'olivâtre et de noir, qui passe bientôt au noir pur et légèrement métalloïde des battitures. J'ai examiné la partie olivâtre, dans l'idée qu'elle pourrait bien contenir un mélange de fer métallique et de protoxide ; mais j'ai trouvé qu'elle se compose uniquement de fer réduit de la plus grande pureté, et tout porte même à croire que ce fer ne renferme pas du tout de carbone. Lorsqu'on le traite par l'acide muriatique ou par l'acide sulfurique, il se dissout

sans résidu et en dégageant du gaz hydrogène jusqu'à la fin. Les dernières portions qui se dissolvent ont le même aspect que la masse entière. Quand on le fond au creuset brasqué seul ou avec addition d'un verre terreux, au lieu de diminuer de poids comme cela arriverait s'il contenait du protoxide, il augmente de 0,01 à 0,02. La partie nuancée d'olivâtre et de noir se comporte comme un mélange de fer métallique et de battiture; on y trouve toujours de l'oxide rouge par la voie humide. Ce fait prouve que le fer métallique n'exerce aucune action sur l'oxide des battitures, et par conséquent qu'il n'est pas possible d'obtenir le protoxide en chauffant un oxide quelconque avec du fer. L'enveloppe bleuâtre des culots me paraît être du fer aciéreux ou passé à l'état d'acier par l'absorption d'une certaine quantité de charbon; mais je n'en ai pas acquis la preuve positive.

La cémentation du peroxide de fer offre des résultats aussi intéressans et plus variés que la cémentation des battitures. Quand la masse n'est pas très grande, tant qu'il reste de l'oxide rouge au centre, il ne se produit pas de fer métallique à la surface, mais seulement de l'oxide noir. Lorsque la chaleur a été soutenue pendant un temps suffisant, on ne trouve au centre que de l'oxide magnétique ayant la poussière noire, et l'on observe vers la surface, comme dans la cémentation des battitures, la couche aciéreuse bleuâtre, la couche de fer olivâtre, et la couche nuancée d'olive et de noir. L'oxide magnétique qui est au centre n'a pas une composition fixe; j'y ai trouvé dans une expérience, 0,48 de peroxide à 0,52 de protoxide, et dans une autre, 0,60 de peroxide et 0,40 de protoxide. L'oxide magnétique naturel contenant 0,69 de peroxide

et 0,31 de protoxide, on voit que l'oxide dont il est question doit être un mélange en proportions variables d'oxide magnétique des battitures et d'oxide magnétique de la nature.

Il paraît, d'après ce qu'on vient de voir, que par la cémentation, le peroxide de fer se change d'abord en oxide magnétique de la nature, et qu'aussitôt que cette transformation a eu lieu, la réduction se propage de la surface au centre, en s'opérant de telle manière qu'à mesure qu'il se produit du fer métallique à la surface, il se forme du deutoxide des battitures dans l'intérieur et jusqu'au centre ; mais ces proportions décroissent de la surface à ce point. Enfin quand la cémentation est très-avancée, le culot se recouvre d'une couche d'une épaisseur notable de fer aciéreux.

Comment, dans les expériences que je viens de rapporter, l'oxide de fer se réduit-il sans qu'il se trouve en contact avec le charbon, et quoiqu'il en soit séparé par un intervalle de plusieurs centimètres? C'est une question à laquelle il est indispensable de répondre dans l'état de nos connaissances et qui mérite d'être examinée. On pourrait croire que cet effet est produit par les vapeurs combustibles qui émanent des foyers et qui pénètrent à travers toutes les substances poreuses; mais il est facile de s'assurer qu'il ne peut en être ainsi, au moins quant à la réduction des oxides de fer en fer métallique. En effet, que l'on remplisse d'oxide rouge de fer un creuset au fond duquel on aura mis du charbon, ou, au contraire, que l'on place de l'oxide de fer dans un creuset, et qu'on le recouvre de charbon, ou enfin que l'on introduise du charbon au centre d'une masse d'oxide

de fer, et que l'on chauffe pendant un heure ou deux, et l'on trouvera qu'il ne s'est formé de fer métallique que dans la partie de la masse voisine du charbon, et qu'il n'y en a pas la plus petite trace à la surface du culot dans les autres parties, quoique ces parties soient exposées, comme toutes les autres, à l'action des gaz combustibles qui se dégagent du foyer.

La formation des battitures à la surface du fer est tout aussi inexplicable que la réduction des oxides par concentration. L'oxidation du fer chaud par l'air se propage graduellement, car on remarque que la croûte des battitures est beaucoup plus épaisse sur les morceaux qui exigent un long temps pour s'échauffer à cause de leur volume, que sur les barres minces ou sur les feuilles qui s'échauffent beaucoup plus vite : or, dès qu'il s'est produit une certaine quantité d'oxide le fer en est recouvert comme par un vernis, et n'a plus le contact de l'air ; il faut donc qu'il en altère l'oxigène à travers les oxides, tout comme les oxides attirent le charbon à travers le fer métallique.

Ces effets doivent avoir des limites : il sera important de les connaître ; peut-être cela conduirait-il à l'explication des phénomènes.

Note *sur une Expérience relative à la nature du courant électrique, faite par MM.* Ampère *et* Becquerel.

(Cette Note a été lue par M. Ampère, dans la séance de l'Académie du 12 avril 1824.)

M. Becquerel ayant donné à l'électromètre imaginé par M. Bonemberger, à l'aide des heureux changemens qu'il a faits à cet appareil destiné à observer les petites tensions électriques, le même degré de sensibilité qu'il avait déjà donné au galvanomètre dont on se sert pour reconnaître l'existence des courans électriques très-faibles, je l'ai prié de vouloir bien vérifier avec le premier de ces instrumens une conséquence que j'avais déduite de diverses considérations sur la nature des courans et la manière dont l'électricité est mise en mouvement par la pile.

On sait que quand une lame de zinc est soudée à une lame de cuivre, et qu'une de ces deux lames est isolée, il s'établit entre elles une différence constante de tension : il s'agissait de vérifier si, comme je le pensais, cette différence de tension subsiste lorsqu'on met en communication les deux lames en les plongeant dans un liquide conducteur. M. Becquerel a constaté que la tension ne diminue pas sensiblement lors même que ce liquide est de l'eau acidulée et qu'il s'établit un courant électrique très-intense. Cette expérience prouve que les deux électricités qui se développent par le contact, l'une dans le zinc et l'autre dans le cuivre, sont produites avec

une vitesse qui est comme infinie relativement à celle avec laquelle elles peuvent traverser l'eau acidulée pour s'y réunir. Elle montre aussi pourquoi on ne peut produire d'effet électro-dynamique sensible avec un courant excité par le frottement, tel, par exemple, que celui qu'on obtient en faisant communiquer, avec les deux extrémités du fil d'un galvanomètre, les coussins et le conducteur d'une machine ordinaire ou d'une machine de Nairne; le frottement ne peut développer qu'une quantité déterminée d'électricité dans un temps donné; le contact de deux métaux hétérogènes en fournit indéfiniment tant qu'elle peut s'écouler par le fluide conducteur, parce qu'à mesure que cet écoulement tend à diminuer la différence de tension entre les deux métaux, il se développe instantanément de nouvelle électricité au point où ils sont en contact.

Il est évident que, pour qu'une machine à frottement pût produire un courant semblable à celui que détermine un couple voltaïque, il faudrait qu'à l'aide de cette machine on pût faire naître la même différence de tension entre deux plaques d'un métal quelconque mises en communication par la même épaisseur d'eau acidulée qui liait pour ainsi dire la plaque de zinc et celle de cuivre dans l'expérience que je viens de rapporter. Or, bien loin d'obtenir par ce moyen la différence de tension dont je parle, on n'en peut observer une appréciable.

J'observerai en finissant cette note que, pour qu'on puisse observer à l'électromètre une différence de tension entre deux corps, il faut que la cause qui fait passer

dans chacun d'eux les deux fluides électriques de nature contraire, maintienne les corps dans l'état électrique qu'elle leur a communiqué en s'opposant à la réunion des deux fluides par les points mêmes où ils ont été séparés, du moins le temps nécessaire pour que l'électromètre se mette en mouvement. Cette circonstance a lieu dans le contact, mais non dans la combinaison des deux corps, d'après l'explication que j'ai donnée des directions opposées que prend le courant électrique dans ces deux cas, à la fin d'un Mémoire présenté à l'Académie le 3 décembre 1823. La combinaison de deux particules ne peut produire qu'un courant électrique instantané; on en observe les effets sur le galvanomètre, parce que d'autres particules, se combinant à leur tour, continuent ce courant tant que la combinaison n'est pas achevée; mais on ne doit obtenir aucun effet de tension sensible à l'électromètre, puisque rien ne s'oppose à la réunion des deux électricités dans la liqueur où elle a lieu, et que ce n'est jamais qu'une portion des deux fluides électriques qui, en se réunissant par le fil du galvanomètre, y produit le courant dont les effets se manifestent sur l'aiguille aimantée de cet instrument.

M. Becquerel a observé, en effet, que l'électricité produite par la combinaison d'un acide et d'un alcali n'agit point sur l'électromètre quand le fil métallique qui unit ces deux substances est interrompu, quoique le courant ait lieu quand le même fil est continu.

SUR *la Base narcotique de la belladone.*

Par Mr F. RUNGE, Docteur-Médecin.

QUAND on précipite l'extrait aqueux des feuilles de belladone par le sous-acétate de plomb, qu'on évapore le liquide qui en résulte après la séparation de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré, et que l'on traite cette masse avec un mélange d'une partie d'éther et de trois parties d'alcohol, on obtient une dissolution d'un jaune clair, qui contient une combinaison de la base narcotique de la belladone avec l'acide acétique; car elle produit (étendue d'eau), appliquée sur l'œil d'un chat, une dilatation de la pupille très forte, et dégage, chauffée avec l'acide sulfurique ou muriatique, de l'acide acétique.

Déjà, en 1819, je fis l'observation que lorsqu'on mêle cette combinaison de la base narcotique avec l'acide acétique dissoute dans l'eau, avec un excès de potasse, de soude ou de chaux, et qu'on laisse les matières en contact pendant quelques jours, le liquide a perdu toute faculté de dilater la pupille. Je conclus, à cette époque, de ces expériences plusieurs fois répétées, que les alcalis ont des effets détruisans sur la matière narcotique.

Lorsqu'on eut trouvé plus tard qu'un grand nombre de bases végétales peuvent être précipitées par les alcalis caustiques, sans nuire à leurs effets sur l'organisation animale, je commençai à douter que réellement les alcalis eussent détruit, dans les expériences citées, la matière narcotique; je me crus même autorisé à croire que ceux-ci n'avaient opéré qu'en précipitant; d'autant plus que,

dans les expériences citées, il s'était formé toujours un précipité que malheureusement je ne soumis à aucune expérience concernant l'effet sur l'œil.

En travaillant à mon Mémoire, à Paris, sur la méthode de découvrir les moindres traces des matières agissantes de belladone, de jusquiame et de *datura*, il ne me resta pas assez de temps pour répéter ces expériences; c'est pourquoi je me décidai à croire (vu que, d'après les expériences citées, j'avais certainement trouvé que la dissolution aqueuse de l'acétate de la base narcotique de la belladone, mêlée avec les alcalis, avait perdu son effet sur la pupille) que la base était entièrement précipitée, et que le manque de l'effet sur l'œil provenait de son insolubilité dans l'eau.

Une circonstance très-heureuse, que je dois à la bienveillance de M. Quesneville, justement estimé et renommé à cause de l'excellence de ses produits chimiques, m'a fourni l'occasion de parvenir à mon but par le moyen d'expériences exécutées en grand.

M. Quesneville destinait 200 liv. de feuilles de belladone à la préparation de la base narcotique, et m'a confié la direction de ce travail. La décoction de feuilles fut précipitée par le sous-acétate de plomb, filtrée, et la plus grande partie de l'excès de plomb fut précipitée par l'acide sulfurique, et le reste par l'hydrogène sulfuré. Après avoir séparé ces précipités, le liquide fut évaporé à siccité comme un extrait. Cette masse fut mêlée avec 20 parties de son poids d'alcohol, ce qui précipita une grande quantité d'une matière brune. Après avoir retiré l'alcohol par la distillation, on prit le résidu encore une fois dans un mélange d'une partie d'éther et de 4 parties

d'alcohol, ce qui précipita encore une matière brune foncée. Le liquide clair qui en résulta fut encore une fois distillé, et le reste fut dissous dans 30 parties d'eau. La dissolution était jaune clair, et une seule goutte suffisait pour produire une dilatation de la pupille d'un chat, qui dura pendant vingt heures. On ajouta dans cette dissolution du lait de chaux jusqu'à ce que la chaux prédominât. Après l'avoir souvent remuée, elle fut livrée à elle-même pendant trois jours. Il s'était formé un précipité considérable d'un jaune clair; le liquide qui était au-dessus de ce précipité était peu coloré, exhalait une odeur désagréable, et ne produisait aucun effet sur la pupille.

Ces expériences faites, on satura le précipité lavé par l'acide sulfurique ; on l'évapora lentement, et on le prit dans l'alcohol. L'extrait alcoholique contenait une matière organique en combinaison avec l'acide sulfurique, dissoluble dans l'eau, mais tout-à-fait sans aucun effet dilatant sur la pupille. J'examinai ensuite le résidu opéré par la digestion avec l'alcohol, en appliquant une goutte de sa dissolution sur l'œil; mais je le trouvai aussi privé de la propriété d'agir sur la pupille.

D'après ces expériences, il n'y a pas de doute que la matière narcotique de la belladone, qui avait produit autrefois la dilatation de la pupille, est détruite ou changée tellement, même par les dissolutions alcalines très-étendues (par exemple, l'eau de chaux), que cet effet sur l'œil n'apparaît plus. La jusquiame (*Hyosc. niger*), traitée de la même manière, fournit les mêmes résultats; de sorte que les conclusions tirées de mes premières expériences étaient justes. Il suit, d'après ceci,

qu'il ne faut pas se servir des alcalis caustiques pour la préparation de ces bases.

Après ces résultats, je me servis de la magnésie pour séparer les bases narcotiques des acides et des matières accessoires; d'autant plus que la magnésie pure, même à la température de l'eau bouillante, n'agit pas comme corps détruisant sur les bases et sur leur faculté de dilater la pupille.

Dans les cas où l'on fit usage de la magnésie pure pour un but semblable, on l'appliquait toujours calcinée, état de cohésion dans lequel elle agit très-lentement sur le suc des plantes. C'est pourquoi j'ai tâché de me procurer la magnésie en état d'hydrate, en mêlant une dissolution de potasse pure avec une de sulfate de magnésie, de manière que la dernière prédominât. L'extrait aqueux de la belladone fut ensuite mêlé avec cette composition (qui contenait l'hydrate de magnésie, du sulfate de magnésie et du sulfate de potasse), et évaporé par un feu vif jusqu'à siccité. Le résidu, qui était très-facile à sécher et à pulvériser, fut traité par l'alcool bouillant de 42° B. La dissolution d'un jaune clair qui en résulta laissa, après l'évaporation spontanée, une masse cristalline qui bleuissait faiblement le papier de tournesol rougi, se dissolvait dans l'eau, et produisait dans la pupille une dilatation extrêmement forte. Les combinaisons de cette matière avec les acides sulfurique, muriatique et nitrique firent le même effet sur l'œil.

Sur *la Nature de l'acide et des bases salifiables qui existent ordinairement dans l'estomac des animaux.*

Par Mr William Prout.

(Traduit des *Transactions philosophiques* pour 1824.)

L'opinion générale des physiologistes, jusqu'au temps de Spallanzani, avait été qu'un acide libre, ou du moins non saturé, existe ordinairement dans l'estomac des animaux, et contribue d'une certaine manière à l'important phénomène de la digestion; mais cet illustre physicien montra, par une multitude d'expériences, que le fluide gastrique, quand il se trouve dans son état parfaitement naturel, n'est ni acide ni alcalin. Spallanzani, cependant, admettait lui-même que les matières contenues dans l'estomac sont généralement acides ; et cette opinion s'accorde non-seulement avec les résultats de mes propres expériences, mais encore avec ceux qu'ont obtenus presque tous les chimistes qui se sont occupés de cette question.

Quant à la nature de l'acide, on s'est très-peu accordé. Quelques-uns des plus anciens chimistes le prenaient pour un acide *sui generis* ; d'autres le croyaient ou de l'acide phosphorique, ou de l'acétique, ou du lactique, etc. (1). Les opinions sur son origine et sur son

(1) Après avoir découvert le fait principal relaté dans ce Mémoire, je fus très-étonné de voir combien Scopoli s'était approché des mêmes conclusions. S'il ne dit pas, en effet, que

usage n'ont pas été moins discordantes : les uns croyaient qu'il provenait de l'estomac lui-même, et que la digestion ne s'opérerait pas sans lui ; les autres, qu'il était fourni par les alimens ou était un produit de la fermentation, etc. En un mot, il n'y a point de sujet de physiologie sur lequel on ait plus varié et qu'on ait aussi peu éclairci.

L'objet de ce Mémoire est de montrer que l'acide en question est l'*acide muriatique*, et que les sels qu'on trouve ordinairement avec lui dans l'estomac sont des muriates alcalins. Quant à l'origine de ces principes et à leur usage dans l'estomac, aussi-bien qu'à la présence accidentelle d'autres acides, je réserverai ce que j'ai à dire à ce sujet pour une autre occasion. Je remarquerai seulement à présent que tous ces faits paraissent intimement liés, non-seulement avec la physiologie et la pathologie des phénomènes de la digestion, mais encore avec d'autres fonctions animales importantes.

Après avoir reconnu les faits que je viens de signaler d'une manière générale et par des moyens qu'il n'est pas nécessaire de rapporter, je cherchai une méthode à l'aide de laquelle leur exactitude pût être démontrée, et qui donnât, de plus, les moyens de déterminer les proportions des différens principes ; divers essais me conduisirent enfin au procédé que voici :

---

de l'acide muriatique libre existe dans l'estomac, son opinion était du moins que cet acide, qui, combiné avec l'ammoniaque, se trouve en si grande abondance dans l'estomac des ruminans, est sécrété par l'organe lui-même. La seule notice que j'aie trouvée des expériences de Scopoli se trouve dans la *Chimie animale* de Johnson, t. 1, p. 183.

Toutes les matières contenues dans l'estomac d'un lapin nourri avec ses alimens ordinaires, en furent retirées immédiatement après sa mort, et on les fit digérer, à plusieurs reprises, dans de l'eau froide jusqu'à ce qu'elles ne cédassent plus rien. On mêla aussi intimement les diverses portions de fluide ainsi obtenues, et qui donnaient de fortes marques de la présence d'un acide. Après avoir laissé ensuite le tout en repos pendant quelque temps, on le partagea en quatre portions égales. J'évaporai la *première* de ces portions jusqu'à siccité dans son état naturel ; je brûlai le résidu dans un creuset de platine ; et après avoir dissous la matière saline qui en résulta dans de l'eau, j'obtins la quantité d'acide muriatique, comme à l'ordinaire, à l'aide du nitrate d'argent : ceci donne la proportion d'acide muriatique unie avec des alcalis *fixes*. Quant à la *seconde* portion de fluide, je la supersaturai avec de la potasse avant de la soumettre, comme la première, à l'évaporation et à la combustion. La quantité d'acide contenue dans les cendres fut déterminée de même à l'aide du nitrate d'argent : c'était évidemment ici la totalité de l'acide muriatique renfermé dans le liquide. Dans la *troisième* portion, on neutralisa l'acide avec une solution de potasse d'une force connue, et l'on tint un compte exact de la quantité qu'il fallut en employer pour cela. Cette opération donna la proportion d'acide libre ; en l'ajoutant à la quantité qui est combinée avec les alcalis fixes, telle que nous l'avons précédemment déterminée, et retranchant la somme de la quantité totale donnée par la seconde portion, j'obtins la proportion combinée avec l'*ammoniaque*. Comme moyen de vérification, on

distilla cette troisième portion jusqu'à siccité ; on expulsa le muriate d'ammoniaque à l'aide de la chaleur et on le recueillit; la proportion d'acide muriatique contenue dans ce muriate étant ensuite déterminée, se trouva correspondre, à fort peu près, à la quantité de muriate d'ammoniaque estimée précédemment : ceci met hors de doute l'exactitude de l'ensemble des expériences. La *quatrième* et dernière portion de liquide avait été réservée pour servir à divers essais, et entr'autres pour rechercher s'il ne s'y trouverait pas d'autres acides que le muriatique. Les expériences déjà rapportées paraissent ne pas permettre de supposer qu'il existe dans le liquide aucun acide susceptible de destruction ; et les seuls acides fixes connus dont on aurait pu admettre la présence sont les acides sulfurique et phosphorique ; mais le muriate de baryte, ni seul ni avec l'addition d'ammoniaque, ne donna de précipité (1), ce qui montre que ces deux acides ne se trouvaient pas dans la liqueur, et peut être regardé comme une nouvelle preuve de l'exactitude des résultats précédemment adoptés.

C'est ainsi qu'ont été obtenues les trois suites de nom-

---

(1) Il est convenable de remarquer que l'ammoniaque, après un certain temps, occasionait un précipité floconneux, composé de phosphates terreux combinés avec les matières animales et végétales, et qu'après la combustion, des traces d'acide sulfurique résultant de cette opération étaient aussi visibles; mais il est évident, d'après les expériences relatées dans le texte, que cet acide ne se trouvait pas libre dans le liquide à l'état naturel.

bres contenus dans la table suivante, et que j'ai pris dans une assez grande variété d'expériences analogues :

	N°. 1.	N°. 2.	N°. 3.
Acide muriatique combiné avec un alcali fixe (1)...................	0g,12	0g,95	1g,71
Acide muriatique combiné avec l'ammoniaque......................	1,56	0,76	0,40
Acide muriatique libre ou non saturé..........................	1,59	2,22	2,72
TOTAL..........	3,27	3,93	4,83

Ces résultats paraissent démontrer l'existence libre, ou du moins non saturée, d'une quantité notable d'acide muriatique dans l'estomac des lapins, pendant l'acte de la digestion. J'ai reconnu que pareille chose a lieu dans l'estomac du lièvre, du cheval, du veau et du chien. J'ai également trouvé de l'acide muriatique, en grande abondance, dans les fluides rejetés par l'estomac de l'homme dans des cas graves de dyspepsie, comme le tableau qui suit le montre particulièrement.

Les quantités de liquide sur lesquelles j'ai opéré ont été très-variables ; mais, pour faciliter les comparaisons, j'ai tout réduit, dans la table suivante, à l'aide de parties proportionnelles, au cas d'une pinte de fluide de 16 onces. Trois expériences choisies parmi un assez grand nombre d'autres m'ont donné :

(1) Pour conserver l'analogie, le chlore en combinaison avec les alcalis fixes est réduit, dans cette table et dans la suivante, à l'état d'acide muriatique.

	N°. 1.	N°. 2.	N°. 3.
Acide muriatique combiné avec un alcali fixe..................	12g,11	12g,0	11g,25
Acide muriatique combiné avec l'ammoniaque (1)................	0,0	0,0	5,39
Acide muriatique libre ou non saturé........................	5,13	4,63	4,28
Total...........	17,24	16,63	20,92

Sur *la Nature de l'acide libre qui se trouve quelquefois dans les éjections de l'estomac humain, dans des cas de dyspepsie.*

Par M. Children.

Dans le Mémoire que le Dr Prout a lu à la Société royale (*voyez* plus haut), il s'est proposé de prouver que l'acide qu'on trouve ordinairement dans l'estomac des animaux, pendant l'acte de la digestion, est de l'acide muriatique. Une personne de ma connaissance, qui de temps en temps a de fortes attaques de dyspepsie, et qui ne croyait pas entièrement aux conclusions du Dr Prout,

(1) Je n'ai pu qu'une seule fois (le N° 3) trouver des quantités sensibles de muriate d'ammoniaque dans les liquides rejetés par l'estomac de l'homme; mais sir Astley Cooper, qui avait été assez bon pour me fournir ce fluide, m'apprit que le malade avait contracté l'habitude de prendre de l'ammoniaque comme médecine.

m'engagea à examiner le fluide rejeté par son estomac, dans un violent paroxysme de la maladie.

Ce fluide avait été vomi dans la matinée; après que je l'eus filtré, il était parfaitement clair et à-peu-près sans couleur; il donnait une teinte rouge bien décidée au papier de litmus. J'en distillai environ six onces, à une chaleur douce, presque jusqu'à siccité, et je partageai le produit de cette opération en trois portions successives et à-peu-près égales. Je traitai une moitié de chacune d'elles par le nitrate d'argent. La moitié de la première portion ne produisit aucun changement dans la couleur du papier de litmus, et donnait à peine un très-léger nuage par le réactif; la moitié de la seconde portion n'agit pas davantage sur le papier, mais elle se troubla un peu par l'action du nitrate d'argent. Quant à la moitié de la portion restante, elle rougissait fortement le papier; le nitrate y occasiona un nuage dense, abondant, et enfin un précipité notable. J'évaporai la seconde moitié de cette troisième portion jusqu'à consistance sirupeuse, et je reconnus qu'en en plaçant une goutte sur une lame de verre et en versant dessus une goutte de nitrate d'argent, le précipité qui en résultait était insoluble dans l'acide nitrique et parfaitement soluble, au contraire, dans l'ammoniaque. Une autre goutte, traitée de la même manière par le nitrate de baryte, ne devint pas trouble et ne donna pas de précipité. Ce qui me restait de liqueur fut neutralisé par l'ammoniaque, plus fortement évaporé et versé après sur une lame de verre : il en résulta une multitude de cristaux bien définis de muriate d'ammoniaque.

Le précipité que la première moitié de cette troisième

portion de liquide m'avait donné, lavé, séché et déposé sur une lame de platine, se fondit par l'action de la flamme du chalumeau et devint de l'argent corné.

La présence de l'acide muriatique libre dans les éjections fluides de l'estomac de l'homme, et conséquemment l'exactitude des conclusions du Dr Prout, paraissent être pleinement confirmées par les expériences précédentes.

(*Annals of Philosophy*. Juillet 1824.)

Rapport *sur les Microscopes de M.* Selligue.

Nous avons été chargés par l'Académie, M. de Humboldt, M. Mirbel et moi (M. Fresnel), de lui faire un rapport sur un microscope qui lui a été présenté, dans la séance du 5 avril dernier, par M. Selligue.

Le perfectionnement des microscopes est, comme celui des télescopes, du plus haut intérêt pour le progrès des sciences : si les uns étendent le champ des observations astronomiques, les autres nous font apercevoir les détails les plus délicats de l'organisation des végétaux et des animaux ; ils montrent à nos yeux une foule de petits êtres vivans et de phénomènes cachés, plus curieux et plus admirables peut-être que le grand spectacle des cieux. Il reste sans doute à l'homme bien plus de découvertes à faire dans ces merveilles dont il est entouré, qui sont sous sa main, et qu'il peut soumettre à des expériences variées, que dans l'étude des corps célestes.

On doit donc s'étonner que la plupart des opticiens aient négligé jusqu'à présent d'appliquer aux microscopes les

combinaisons achromatiques qu'ils emploient depuis long-temps pour les télescopes et même pour de simples lorgnettes, surtout quand on réfléchit combien il est difficile de se procurer de grands morceaux de flint-glass exempts de stries pour achromatiser les objectifs des lunettes astronomiques, tandis que cette difficulté capitale n'existe plus pour les petites lentilles objectives des microscopes.

Si l'on a tant tardé à apporter dans leur construction cette amélioration essentielle, cela tient sans doute à ce que les services qu'ils ont rendus aux sciences naturelles, entre les mains d'observateurs habiles, sont encore assez récens. Les découvertes dues aux lunettes astronomiques sont plus anciennes. L'utilité de leurs applications est généralement sentie; tandis que les observations microscopiques semblent destinées seulement à satisfaire notre curiosité. Mais quand elles n'auraient d'autre avantage que de permettre à l'homme de pénétrer un peu plus avant dans les secrets de la nature, n'est-il pas heureux que quelques esprits inventifs s'efforcent de lui procurer ces jouissances élevées, lorsque tant d'autres sont occupés à satisfaire ses besoins physiques? D'ailleurs, des exemples multipliés ont assez prouvé que les découvertes qui d'abord semblaient n'intéresser que la science finissent presque toujours par recevoir des applications utiles, et sans doute les observations microscopiques, en éclairant la physiologie végétale et animale, contribueront aussi dans la suite à notre bien-être physique. On doit donc, sous tous les rapports, attacher une grande importance au perfectionnement des microscopes, et savoir gré au savant opticien Amici et

à M. Selligue de leurs heureux efforts pour atteindre un but si desirable.

On sait que les microscopes sont composés, comme les télescopes, d'un objectif et d'un oculaire : le premier sert à produire une image amplifiée de l'objet, dont les rayons sont ensuite reçus par l'oculaire, qui la présente à l'œil en l'amplifiant encore, comme une loupe au travers de laquelle on regarderait les caractères d'un livre. Les corps célestes ou même terrestres qu'on observe avec un télescope sont toujours infiniment plus éloignés de l'objectif que leur image : c'est l'inverse dans les microscopes composés ; l'objet est beaucoup plus près de l'objectif que son image, et voilà pourquoi celle-ci est, absolument parlant, plus grande que l'objet. Si, par exemple, la distance de l'image est dix fois celle de l'objet, le diamètre de l'image sera dix fois plus grand que celui de l'objet.

Dans les microscopes ordinaires, la lentille objective a toujours un très-court foyer, surtout pour les forts grossissemens. On se sert du même oculaire, en changeant seulement la lentille objective, selon le degré d'amplification qu'on veut obtenir. M. Amici a remarqué le premier qu'en rendant les objectifs plus parfaits, il ne serait pas nécessaire de leur donner un foyer aussi court; ce qui laisserait les objets plus distans de l'extrémité voisine de l'instrument, et permettrait de les éclairer plus commodément par-dessus quand ils sont opaques ; et en effet, plus l'image produite par l'objectif a de netteté, plus on peut augmenter la force de l'oculaire qui sert à l'observer.

Dans les objectifs dioptriques des microscopes ordi-

naires, deux choses nuisent à la netteté des images ; l'aberration de réfrangibilité qui en colore les contours, et l'aberration de sphéricité qui concourt aussi à les rendre vagues.

Pour obtenir un achromatisme parfait, M. Amici a abandonné les objectifs dioptriques et leur a substitué un miroir concave, comme Newton l'avait fait pour les télescopes. Quant à l'aberration de sphéricité, l'opticien de Modène a dû la corriger complètement, si, comme il l'annonce, les petits miroirs concaves de ses beaux microscopes ont une courbure rigoureusement elliptique ; car alors tous les rayons, partis d'un même point de l'objet situé à l'un des foyers de l'ellipse, vont se réunir aussi, en un point unique, à l'autre foyer, où se forme l'image.

Mais en admettant que cette condition soit exactement remplie, la combinaison catoptrique de M. Amici présente encore plusieurs inconvéniens : 1°. les deux réflexions successives des rayons incidens, d'abord sur un miroir plan et ensuite sur le miroir concave, en diminuent l'intensité de près des trois quarts ; de plus, le miroir plan intercepte une partie des rayons réfléchis par l'autre, et précisément ceux qui sont les plus voisins de l'axe ; 2°. les miroirs métalliques ne sont pas susceptibles de recevoir un poli aussi parfait que le verre, et les défauts de poli, toutes choses égales d'ailleurs, ont plus d'influence sur la réflexion que sur la réfraction ; 3°. enfin, le moindre frottement raie aisément la surface des miroirs métalliques, qu'altère aussi l'action prolongée d'un air humide.

En un mot, les raisons pour lesquelles on préfère

généralement les lunettes astronomiques aux télescopes se représentent ici, et ce sont elles sans doute qui ont déterminé M. Selligue à substituer au miroir concave d'Amici une lentille achromatique composée d'un crown et d'un flint, qui offre sensiblement les mêmes avantages sans avoir les mêmes inconvéniens, et se rode dans des bassins sphériques par les procédés ordinaires; tandis que les miroirs elliptiques d'Amici ne peuvent être exécutés avec précision que par des moyens qu'il n'a pas fait connaître.

A la vérité, ces lentilles achromatiques produisent nécessairement un peu d'aberration de sphéricité; mais comme elles affaiblissent peu les rayons qui les traversent, il n'est pas nécessaire de leur donner un diamètre aussi grand qu'à un miroir concave pour obtenir la même quantité de lumière : or, on sait que l'aberration de sphéricité diminue comme le carré du diamètre de la lentille.

Pour augmenter le grossissement, M. Selligue compose son objectif de deux, trois et jusqu'à quatre lentilles achromatiques. Ces lentilles ayant à-peu-près la même longueur de foyer, quand on emploie les quatre à la fois, au lieu d'une, on doit rapprocher l'objet quatre fois davantage environ pour que l'image se trouve à la même distance, et en conséquence le diamètre de l'image est devenu quatre fois plus grand.

On peut encore agrandir l'image en l'éloignant de l'objectif, par un petit rapprochement de l'objet. Trois tubes glissant les uns dans les autres, dont se compose le corps de l'instrument, permettent d'en doubler la

longueur, et d'éloigner ainsi l'oculaire d'une quantité double de sa distance primitive.

Enfin, lorsque les quatre lentilles achromatiques de l'objectif sont réunies et tous les tuyaux tirés, on obtient encore un plus fort grossissement sans changer l'oculaire, en vissant un verre concave à l'extrémité du tube qui le porte. Ce verre concave se trouve situé en avant de l'image formée par l'objectif, et l'amplifie en augmentant la divergeance des faisceaux lumineux; mais comme il change en même temps le lieu du foyer conjugué, ce n'est que par un calcul, à la vérité très-simple, qu'on se rend bien compte de l'effet produit.

Le grossissement de l'instrument à ce *maximum* est de cinq cents fois, et à son *minimum* de vingt-cinq ou trente fois le diamètre de l'objet, quand on a supprimé le verre concave, ainsi que trois des lentilles objectives, et renfoncé les tuyaux. Au moyen du tirage des tuyaux et en replaçant successivement les quatre pièces supprimées, on passe graduellement du second grossissement au premier. Avec un oculaire plus fort et un verre plus concave on peut le porter jusqu'à neuf cents, et la lumière d'une lampe suffit encore pour éclairer les objets transparens; mais les contours ont beaucoup perdu de leur netteté.

Le corps de la lunette est fixé au haut du pied qui le supporte, par une charnière autour de laquelle il peut tourner et prendre les inclinaisons qu'on veut, depuis la direction horizontale jusqu'à la verticale.

Pour éclairer les corps transparens, M. Selligue emploie, comme dans les microscopes ordinaires, un miroir concave placé au-dessous de l'objet, et qui réfléchit la

lumière de bas en haut en concentrant ses rayons. Mais il a ajouté un écran situé à deux centimètres au-dessous du porte-objet, et percé d'un petit trou d'un ou deux millimètres, qui correspond exactement à l'axe du corps de la lunette, et ne laisse ainsi tomber sur l'objet ou dans son voisinage que des rayons peu inclinés à l'axe. Un second diaphragme de trois millimètres et demi d'ouverture, placé au-dessus de l'objectif, à 15 millim. environ, et qui se trouve toujours éloigné du premier de cinq à six centimètres au moins, intercepte tous les rayons un peu trop éloignés de l'axe; en sorte que le pinceau de lumière qui environne l'objet et va former le champ lumineux sur lequel son image se détache, n'est composé que de rayons presque parallèles à l'axe de l'instrument, et qui, n'ayant traversé que les parties centrales des lentilles objectives, ont éprouvé fort peu d'aberration de sphéricité; ce qui donne une grande netteté aux contours de l'image, du moins tant que le grossissement n'excède pas deux cents. Mais le second diaphragme, en réduisant beaucoup l'ouverture de l'objectif, occasione une diminution considérable dans l'intensité de la lumière, diminution qu'on ne pourra éviter qu'en donnant plus de perfection encore à l'objectif, afin qu'il puisse supporter une ouverture plus grande (1). Au reste,

(1) La petitesse de l'ouverture de l'objectif a un autre inconvénient : c'est d'occasioner des illusions d'optique dans les forts grossissemens, parce que la loi ordinaire de la réfraction, d'après laquelle les rayons partis d'un même point lumineux doivent concourir en un point unique, n'est rigoureusement exacte qu'autant que la surface réfringente est

sous le rapport de la clarté, les autres microscopes dioptriques ne nous ont point paru l'emporter sur celui de M. Selligue.

Lorsqu'on porte son grossissement à 500, la lumière des nuées ne suffit plus pour bien éclairer les contours des objets, et il faut employer la lumière plus vive d'une lampe, qui, en outre, a l'avantage d'être fixe et constante. Dès qu'on supprime le verre concave, la lumière du ciel est suffisante dans la plupart des cas. A la vérité, le grossissement n'est plus alors que de deux cents; mais on gagne en netteté ce qu'on perd en grandeur. Il nous a paru que l'addition de ce verre ou la substitution d'un oculaire plus fort ne faisait pas mieux distinguer les petits détails, et n'augmentait pas réellement la puissance de l'instrument, du moins pour une vue ordinaire.

M. Selligue éclaire les objets opaques en dessus au moyen d'un prisme dont la base reçoit les rayons sous l'incidence de la réflexion totale, et dont les faces d'entrée et de sortie sont convexes, de manière à concentrer le faisceau lumineux sur l'objet. Ce prisme sert à la fois de miroir et de loupe. Il a sur un miroir étamé l'avantage de réfléchir la lumière avec plus d'abondance, et de n'être pas sujet aux mêmes altérations.

Il résulte de l'essai qui a été fait du nouveau microscope par M. Mirbel, que cet instrument est très-supé-

---

indéfinie. Il n'est pas nécessaire cependant qu'elle soit très-grande pour que cette condition soit sensiblement remplie, et d'autant moins que l'image vient se former plus près de l'objectif.

rieur à ceux dont il s'était servi jusqu'à présent. Malheureusement aucun des commissaires n'a eu à sa disposition un microscope d'Amici pour le comparer à celui de M. Selligue. Mais, sur le mérite relatif de ces deux instrumens, nous pouvons citer avec confiance à l'Académie l'opinion de M. Dumas, qui s'est long-temps servi du microscope d'Amici, appartenant à la Société académique de Genève, et qui trouve que celui de M. Selligue fait distinguer au moins aussi bien les petits détails des corps opaques. L'opinion d'un observateur aussi habile nous paraît d'un grand poids dans cette circonstance.

Lors même que le nouveau microscope n'égalerait pas celui d'Amici sous tous les rapports, ce n'en serait pas moins un service important rendu aux sciences que de leur avoir procuré un instrument presque aussi parfait, sans être sujet aux mêmes altérations, qu'on peut fabriquer par les procédés ordinaires, et qui ne coûte que 340 francs; tandis que le prix des microscopes d'Amici est de 800 francs.

Nous avons comparé le microscope de M. Selligue aux meilleurs microscopes ordinaires que nous ayons pu nous procurer. Il n'est pas nécessaire de dire que nous l'avons trouvé très-supérieur pour l'étude des corps opaques. Quant aux corps transparens qu'on éclaire en dessous, il nous en a donné aussi des images beaucoup plus nettes tant que le grossissement n'excédait pas deux cents fois; mais nous devons dire que lorsque nous avons porté les grossissemens à cinq et neuf cents fois, comparé à un excellent microscope d'Adams, il a perdu cette supériorité si prononcée, et qu'alors dans

celui-ci les contours des images ne paraissaient pas plus vagues que dans le microscope de M. Selligue.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, M. Selligue a réuni quatre objectifs achromatiques pour les forts grossissemens : cette combinaison lui a paru préférable à un seul objectif d'un foyer égal, parce que les courbures, quatre fois plus fortes, qu'il faudrait donner aux deux verres dont il se compose, seraient plus difficiles à bien exécuter. Il y a encore un avantage important dans la subdivision d'un objectif en quatre autres; c'est qu'on peut diminuer considérablement l'aberration de sphéricité en combinant leurs courbures d'une manière convenable. Mais il en résulte aussi un inconvénient : c'est la perte de lumière occasionée par les réflexions multipliées à la surface des quatre objectifs, qui s'élève presque au tiers des rayons incidens. Peut-être parviendra-t-on à construire avec une grande précision des objectifs achromatiques d'un foyer très-court, et même à donner à leur surface la courbure nécessaire pour corriger l'aberration de sphéricité ; mais si l'on vient à bout de remplir cette dernière condition, ce ne sera sans doute qu'au moyen de procédés mécaniques.

En attendant que l'art soit arrivé à ce haut degré de perfection, il est très-heureux que M. Selligue ait construit, par les procédés ordinaires, un instrument aussi bon et d'un prix modéré. Nous estimons qu'il a rendu en cela un service important aux sciences naturelles, et que les résultats satisfaisans qu'il a obtenus méritent l'approbation de l'Académie.

RECHERCHES *sur l'Acide fluorique et ses combinaisons les plus remarquables.*

PAR Mr J. BERZELIUS.

(Extrait.)

L'ACIDE fluorique, que l'on peut considérer maintenant comme un hydracide ou comme un oxacide, se distingue des autres corps par sa grande capacité de saturation. Il forme avec les alcalis des sels solubles dans l'eau, mais qu'on ne peut obtenir parfaitement neutres à l'état solide : ces sels ont une réaction acide ou alcaline, comme les borates, les séléniates, les arséniates et les phosphates. Sature-t-on la dissolution d'un fluate, de manière qu'elle soit parfaitement neutre, on obtient par l'évaporation ou un sel acide cristallisé et une eau-mère alcaline, ou réciproquement. Les fluates que je regarderai comme neutres dans cette dissertation sont ceux dans lesquels 100 parties d'acide saturent une quantité de base dont l'oxigène est égal à 74,72. Ceux de ces sels qui ont pour base un alcali ont tous une réaction alcaline et une saveur salée un peu urineuse. Ceux qui ont pour base une terre alcaline sont la plupart insolubles, et n'ont pour cela aucune réaction. L'acide fluorique donne, avec les alcalis, des sels acides cristallisables, d'une saveur piquante franchement acide, et dont la dissolution dans l'eau attaque fortement le verre. Tous les fluates sans couleur ont la propriété, lorsqu'ils sont mis dans l'eau, de devenir demi-transparens; et comme ils ont à-peu-près la même réfraction que l'eau, ce n'est

que lorsque ce liquide est enlevé qu'on peut s'apercevoir qu'il y avait quelque chose au fond. Toutes les expériences qu'on va décrire ont été faites dans des vaisseaux de platine; lorsqu'on aura fait emploi du verre, on en avertira expressément.

Fluate acide de potasse. On l'obtient en mêlant à l'acide une quantité de potasse insuffisante pour le saturer. En faisant concentrer la dissolution, il se volatilise un peu d'acide surabondant ; mais la plus grande partie reste et cristallise avec l'alcali. La masse présente ordinairement un corps solide transparent, en larges lames qui s'entre-croisent et laissent entr'elles des espaces trapézoïdaux. Si on laisse, au contraire, la dissolution saline s'évaporer spontanément dans un vaisseau plat, on obtient des tables carrées dont les bords sont tronqués ; on obtient même des cubes si le vase est profond et l'évaporation très-lente. Le sel ne se dissout que difficilement dans un excès d'acide fluorique ; mais il se dissout très-facilement dans l'eau pure. Exposé à la chaleur, il se fond, donne des vapeurs d'acide fluorique, se solidifie et laisse à une chaleur rouge 74,9 pour cent de fluate neutre de potasse. Chauffé avec six fois son poids d'oxide de plomb bien pulvérisé et récemment rougi, il donne 11,6 pour cent d'eau, qui n'est point acide, et qui, ou servait de base à l'acide en excès, ou a été formée par l'hydrogène de l'acide et l'oxigène de l'oxide de plomb. D'après ces résultats, le sel acide est formé d'un atome de fluate de potasse et d'un atome d'acide fluorique hydraté, $= \ddot{K}\ddot{F} + Aq^2\ddot{F}$.

Fluate neutre de potasse. La meilleure manière de l'obtenir est de saturer imparfaitement de l'acide fluo-

rique avec du carbonate de potasse, d'évaporer et de chauffer pour chasser l'excès d'acide. Il a une saveur salée piquante, est très-alcalin et tombe en déliquescence à l'air. Il ne cristallise que difficilement dans l'eau. En l'évaporant dans un vaisseau très-plat, à une température de 35 à 40 degrés, on obtient des cristaux en cubes ou en prismes droits carrés, avec des croix en diagonale à leurs extrémités, ou des trémies en escalier, à la manière du sel commun. La dissolution de fluate de potasse, rendue neutre avec du vinaigre, devient fortement acide en l'étendant de beaucoup d'eau, et le vinaigre devient libre. *Ce fait me paraît très-remarquable.* La dissolution de ce sel attaque le verre et lui fait perdre son poli, même à froid, au bout d'un ou deux jours. Je ne puis me rendre raison de cette propriété, si ce n'est peut-être par la tendance du sel à devenir alcalin. Mais en ayant chauffé de récemment fondu avec du carbonate de potasse, je n'ai obtenu aucune perte de poids; ce qui ne serait pas arrivé si l'acide fluorique avait une grande tendance à former des sous-sels; car il n'aurait pas manqué de dégager de l'acide carbonique à une température élevée. Si l'on chauffe du fluate neutre de potasse avec de la silice, celle-ci est dissoute, et l'on obtient une masse fondue transparente, de laquelle il ne se dégage point d'acide fluorique silicé, à une température voisine de celle qui peut fondre le verre. Après le refroidissement, la masse devient blanche et semblable à de la porcelaine : l'eau en sépare le fluate de potasse.

Fluate acide de soude. Ce sel est peu soluble dans l'eau froide. Par une évaporation lente, spontanée, il

donne des cristaux rhomboïdaux d'une saveur piquante et franchement acide. La chaleur en dégage de l'acide fluorique concentré, sans faire perdre aux cristaux leur forme. Après le dégagement de tout l'acide en excès, il reste 68,1 pour cent de fluate neutre. Chauffé avec l'oxide de plomb, il donne 14,4 d'eau. Le sel est par conséquent composé d'un atome de fluate de soude et d'un atome d'acide fluorique hydraté, $\ddot{N}a\ddot{F} + Aq^2\ddot{F}$.

Fluate neutre de soude. On l'obtient immédiatement avec l'acide fluorique et le carbonate de soude, ou en décomposant 100 parties du sel double de soude et de silice dont il sera parlé plus bas, par 112 parties de carbonate de soude desséché.

Lorsque le sel est pur et qu'il est abandonné à une évaporation spontanée, il donne des cubes transparens ou des octaèdres réguliers qui présentent souvent un éclat nacré. On obtient toujours des octaèdres lorsque la dissolution contient du carbonate de soude : ce sel forme, au contraire, des groupes de petits grains cubiques lorsque l'évaporation est produite par le moyen de la chaleur. Il est remarquable que les fluates de potasse et de soude soient isomorphes avec les muriates des mêmes bases, et aussi, autant qu'on puisse le savoir, avec les combinaisons correspondantes de l'iode. Le fluate de soude fond plus difficilement que le verre; il n'est pas sensiblement plus soluble à chaud qu'à froid. 100 parties d'eau, à la température de 16°, en dissolvent 4,8, et, à la température de son ébullition, 4,3. Je n'ai pu former de fluate de soude avec excès de base : mêlé avec un peu de silice, il entre en fusion avant le fluate pur; mais il ne se dégage pas d'acide fluorique silicé.

Fluate acide de lithion. Très-peu soluble; donne des cristaux dont la forme n'a pu être déterminée. La chaleur en dégage l'excès d'acide et le ramène à l'état de fluate neutre.

Ce dernier sel est encore moins soluble que le précédent, à-peu-près comme le carbonate de lithion. Il se fond, au rouge obscur, en un liquide transparent qui devient opaque en se congelant.

Fluate acide d'ammoniaque. Le fluate neutre se change, même par une évaporation spontanée, en fluate acide; mais il ne cristallise pas. Evaporé à la température de 36 à 40 degrés, on obtient de petits cristaux grenus qui, rassemblés sur du papier brouillard et desséchés, se conservent à cette température sans altération. A la température ordinaire de l'air, ils tombent en déliquescence.

Fluate neutre d'ammoniaque. Il est plus volatil que le sel ammoniac : aussi l'obtient-on avec facilité en chauffant une partie de sel ammoniac parfaitement sec avec un peu plus de deux parties de fluate de soude, dans un creuset de platine dont le couvercle est retourné; on met un peu d'eau dans le couvercle pour l'entretenir froid, et on chauffe avec une lampe à esprit-de-vin. Le fluate d'ammoniaque se sublime parfaitement pur en une masse de petits cristaux prismatiques. Il se fond avant de se sublimer, et attaque le verre, même à sec, à une température ordinaire. Il absorbe facilement le gaz ammoniac, mais il l'abandonne par la distillation.

Fluate de baryte. La meilleure manière de l'obtenir est de faire digérer du carbonate de baryte récemment

précipité et encore humide, avec un excès d'acide fluorique, dans lequel il est à peine soluble. Je n'ai pu obtenir de fluate acide ni avec excès de base. Humecté, à l'état sec, avec de l'acide fluorique concentré, il s'échauffe souvent et se prend en une masse dure; mais c'est une preuve qu'il contient de la silice, car, pur, il ne présente rien de semblable; il est un peu soluble dans l'eau; il se dissout facilement dans l'acide muriatique. L'ammoniaque produit dans cette dissolution un précipité beaucoup plus soluble que le fluate de baryte, qui est un composé d'un atome de fluate de baryte et d'un atome de muriate de baryte. Cependant l'eau le décompose et lui enlève de plus en plus du muriate de baryte.

Fluate de strontiane. Il est à peine soluble dans un excès d'acide et dans l'eau.

Fluate de chaux. Ce sel, si remarquable par ces beaux cristaux qui paraissent isomorphes avec ceux des fluates de potasse et de soude, ne s'obtient que difficilement parfaitement pur. On doit, pour le préparer, saturer du carbonate de chaux récemment précipité et encore humide, avec de l'acide fluorique pur. On l'obtient alors aussi grenu que le carbonate de chaux, et on peut le laver; tandis que, si on le prépare par double décomposition, on obtient une gelée qui ne change pas même par l'évaporation, et qu'on ne peut pas laver. Cette gelée est si transparente qu'on croit d'abord n'avoir qu'un précipité tout-à-fait insignifiant. A la vérité, l'ammoniaque la précipite entièrement; mais lorsque le liquide contient un excès de chaux, il se fait facilement un mélange de carbonate de chaux. Le fluate de chaux pur n'est pas décomposé, à froid, par l'acide sulfurique concentré; mais il en est pénétré et

devient tout-à-fait transparent. S'il contient de la silice, il se produit une légère effervescence due au dégagement d'acide fluorique silicé, et la transparence n'a plus lieu. A 40°, la décomposition commence, et la masse perd sa transparence. L'addition d'eau détermine la séparation du fluate de chaux de sa dissolution dans l'acide sulfurique, et la masse devient laiteuse et opaque. L'acide nitrique et l'acide muriatique concentrés jouissent de la même propriété de rendre le fluate de chaux transparent. L'eau en sépare aussi le sel, et il n'en reste qu'une quantité très-petite en dissolution ; mais lorsque le fluate est siliceux, l'acide en retient beaucoup. Il est aussi un peu soluble dans l'acide fluorique.

Fluate de magnésie. Insoluble dans l'eau et dans un excès d'acide fluorique.

Fluate de glucine. Il est soluble dans l'eau en toute proportion ; par l'évaporation, il donne une masse gommeuse parfaitement transparente. A 100°, il abandonne l'eau, se boursouffle et devient d'un blanc de lait. Une chaleur rouge lui fait perdre une portion de son acide. Avec les alcalis, il forme des sels doubles; celui dans lequel entre la potasse est peu soluble ; c'est ce sel que MM. Gay-Lussac et Thenard ont décrit pour du fluate de glucine.

Fluate d'yttria. Il est insoluble même dans un excès de son acide ; il a une saveur astringente et rougit le papier de tournesol humide ; mais une chaleur rouge lui fait perdre ces deux propriétés.

Fluate d'alumine. Facilement soluble dans l'eau, incristallisable, donnant, par la dessiccation, une masse semblable à la gomme arabique. Dans cet état, il est sans saveur et paraît insoluble dans l'eau ; mais il finit par

s'y dissoudre entièrement. Une chaleur rouge le décompose en partie et en fait un sous-sel. On obtient aussi ce dernier sel en faisant digérer une dissolution de fluate neutre sur de l'alumine récemment précipitée; la dissolution devient gélatineuse, demi-transparente, et, par la dessiccation, jaunâtre et semblable à de la gomme.

Fluate de zircône. Est facilement soluble dans l'eau; par l'évaporation, il donne un sel cristallin qui ne se redissout pas complètement; le résidu est un sel basique, tandis que la dissolution contient un sel acide. En la faisant bouillir, il s'en précipite de la zircône. MM. Gay-Lussac et Thenard (1) disent que les sels d'yttria, de glucine et de zircône sont précipités, même de leurs dissolvans acides, par les fluates d'alcali, et que le liquide est alcalin, quoique le précipité soit acide. J'ai déjà fait voir, dans mon analyse du fluate de cérium naturel, que cela n'a point lieu avec des substances pures, et, dans les dernières expériences que j'ai faites avec des sels contenant de la silice, j'ai obtenu de semblables résultats.

Fluate de manganèse protoxidé. N'est soluble dans l'eau qu'à la faveur d'un excès de son acide; une chaleur rouge ne le décompose pas. J'ai obtenu le *fluate de manganèse deutoxidé*, en dissolvant l'oxide hydraté naturel dans l'acide fluorique. La dissolution est d'un rouge brun foncé, et dépose, par l'évaporation spontanée, des cristaux prismatiques d'un brun foncé, dont les plus petits sont transparens et d'un rouge de rubis, comme les cristaux d'argent rouge. Leur poussière est d'un rouge de rose. Ils se dissolvent sans se décomposer dans une très-petite

(1) *Recherches physico-chimiques.* II. 27.

quantité d'eau ; mais en étendant la dissolution, ou en la faisant bouillir, il se précipite un sel basique, pendant qu'il reste dans le liquide un sel acide. Si le fluate contient un plus grand excès d'acide, une partie du précipité se redissout pendant le refroidissement. L'ammoniaque précipite de l'hydrate pur sans aucune trace d'acide.

Fluate de protoxide de fer. On l'obtient en dissolvant le fer dans l'acide fluorique par une douce digestion. Il se précipite peu à peu en petites tables carrées qui d'abord sont blanches, mais qui se colorent ensuite à l'air en jaune pâle. Ces cristaux, peu solubles dans l'eau, s'y dissolvent avec facilité lorsqu'elle contient un petit excès d'acide. Une chaleur rouge les décompose : l'eau de cristallisation et une partie de l'acide se dégagent, et le résidu prend une couleur rouge.

Fluate de peroxide de fer. La dissolution de ce sel, même dans l'état de saturation, est incolore. Evaporée, elle donne un sel cristallin, d'un rouge de chair tendre, qui se dissout lentement mais en totalité dans l'eau. La dissolution est sans couleur, et l'ammoniaque y produit un précipité qui n'a pas la nuance du rouge foncé que donnent les autres sels de peroxide. Ce précipité est un sel basique auquel l'ammoniaque ne peut pas enlever l'acide. Après la dessiccation, il se présente en une poudre d'un jaune foncé, semblable à de l'ochre.

Fluate de zinc. Est peu soluble dans l'eau, et le devient très peu plus par un excès d'acide. L'ammoniaque le dissout très-bien.

Fluate de cadmium. Se dissout plus facilement dans l'eau acide que dans l'eau pure. Par l'évaporation, il se

prend en croûtes blanches, sans aucune apparence de cristallisation.

Fluates de cobalt, de nickel et de cuivre. Ces trois sels, à part la couleur, qui, dans le premier, est d'un rouge de rose, dans le second d'un vert clair, et dans le troisième d'un bleu clair, ont de si grands rapports que je peux les décrire ensemble. Si l'on met le carbonate d'un de ces métaux dans l'acide fluorique, il s'y dissout complètement avec effervescence; mais bientôt il se précipite une poudre pesante, insoluble. En continuant à ajouter du carbonate, l'effervescence se manifeste bien encore; mais le fluate déjà formé se décompose et se change en sous-sel, particulièrement par le moyen de la chaleur. En cessant d'ajouter du carbonate avant la formation de ce sous-sel, et en évaporant, le fluate se forme en croûtes; par l'évaporation spontanée, on n'obtient pas non plus de cristaux réguliers. En arrosant ce sel avec une très-petite quantité d'eau, et le laissant longtemps exposé à l'air, à une température ordinaire, l'excès d'acide du sel se dégage, et on obtient une dissolution saturée qui fournit les mêmes cristaux par l'évaporation. Mais si l'on ajoute beaucoup d'eau au sel et que l'on chauffe jusqu'à l'ébullition, il est décomposé; il se forme un sel soluble acide et un sel insoluble basique. 100 parties de fluate de cuivre qui avait cristallisé dans une dissolution acide, et qui avait été lavé, puis desséché, ont donné 116 parties de sulfate de cuivre, et 100 autres parties du même sel, mêlées avec 500 d'oxide de plomb, ont perdu, au rouge, 26,3 parties d'eau parfaitement pure. Le sel est par conséquent un fluate neutre de cuivre, combiné avec quatre proportions

d'eau. Le sel pulvérulent vert que l'on obtient lorsque le fluate neutre est décomposé par l'eau et la chaleur, contient deux fois plus de base et une quantité d'eau dont l'oxigène est le quart de celui de la base.

Fluate de protoxide de cuivre. On l'obtient en mettant de l'acide fluorique sur de l'oxidule hydraté. L'oxidule devient à l'instant rouge comme s'il était réduit, et ne se laisse point dissoudre par un excès d'acide. Rassemblé sur un filtre et lavé promptement avec de l'alcool, on peut l'obtenir sans altération. Il est fusible à une température élevée; il est noir pendant qu'il est en fusion; mais, refroidi, il est d'un rouge de cinnabre. Dans un air humide, il devient d'abord jaune; la moitié de la base forme avec l'acide un sel neutre, tandis que l'autre moitié reste à l'état d'oxidule hydraté : il devient ensuite vert, et se change en totalité dans le sel basique qui vient d'être décrit. Le fluate oxidulé se dissout dans l'acide muriatique en prenant une couleur noire, et la dissolution donne avec l'eau un précipité pulvérulent d'un rouge de rose.

Fluates d'oxidule et d'oxide de cérium. Ces deux sels se comportent absolument comme le fluate d'yttria. Le fluate d'oxide est jaune. L'un et l'autre se trouvent dans le règne minéral, et j'ai déjà décrit leur composition dans une autre occasion. Je rappellerai seulement que le fluate basique d'oxide de cérium est composé de la même manière que le fluate basique d'oxide de cuivre; savoir : qu'il contient deux fois plus de base que le sel neutre, et que l'oxigène de l'eau de cristallisation est seulement le quart de celui de la base.

Fluate de plomb. Il est un peu soluble dans l'eau,

mais pas du tout dans un excès de son acide ; il se dissout au contraire dans l'acide nitrique et dans l'acide muriatique. Il se fond très-facilement et devient jaune après le refroidissement. Dans des vaisseaux ouverts, il perd une portion de son acide ; mais dans des vaisseaux fermés il est inaltérable, pourvu qu'il soit garanti de la vapeur de l'eau. L'ammoniaque le convertit facilement en un sous-sel qui est soluble dans l'eau pure; la dissolution se trouble à l'air, et se couvre d'une croûte de carbonate et de fluate de plomb. On obtient encore le sel basique lorsque l'on fond d'autres fluates avec l'oxide de plomb, et qu'après avoir pulvérisé la masse on la lave avec de l'eau. En précipitant du fluate de soude avec une dissolution bouillante de muriate de plomb, il se précipite un sel double de fluate et de muriate de plomb un peu soluble dans l'eau, mais sans décomposition. Ce sel est blanc, fusible à une haute température sans perdre d'acide ou d'eau, et soluble dans l'acide nitrique. 100 parties traitées par l'acide sulfurique ont donné 115,85 parties de sulfate de plomb. 100 autres parties du même sel, dissoutes dans l'acide nitrique et décomposées par le nitrate d'argent, ont donné 54,2 de muriate d'argent. Ce sel a donc tout-à-fait la même composition que celui de baryte dont il a été parlé plus haut, et il est composé d'un atome de fluate de plomb et d'un atome de muriate de plomb.

Fluate d'oxide de chrôme. On l'obtient en dissolvant dans l'acide fluorique l'oxide de chrôme récemment précipité. La dissolution est couleur de rose et se dessèche en un sel rose pâle, soluble de nouveau dans l'eau, que l'ammoniaque précipite en brun.

Fluate de chrôme oxidulé. Il se dissout facilement dans l'eau, en la colorant en vert. Après l'évaporation, il donne une masse cristalline verte, que l'eau dissout de nouveau sans décomposition.

Fluate d'antimoine. Ce sel est très-soluble dans l'eau : par évaporation spontanée, on obtient des cristaux sans couleur, de la même saveur que le tartre antimonié, et solubles dans l'eau sans décomposition.

Fluate d'oxidule d'étain. Est très-soluble dans l'eau, d'une saveur douce et ensuite astringente. Par évaporation spontanée, il donne des cristaux prismatiques blancs, transparens, qui ont de l'éclat, et s'oxident facilement.

Fluate d'urane. Se dissout facilement dans l'eau en la colorant en jaune; pendant l'évaporation, une partie du sel s'effleurit, tandis que l'autre se dépose en une masse blanche sans cristallisation, qui, après la dessiccation, est entièrement soluble dans l'eau.

Fluate d'argent. Est un sel déliquescent, facilement soluble dans l'eau, déjà connu par les travaux de MM. Thenard et Gay-Lussac.

Fluate d'oxide de mercure. En traitant l'oxide de mercure bien divisé, ou son hydrate par l'acide fluorique, on obtient une poudre d'un jaune orange clair, soluble dans l'eau, qui donne ensuite, par évaporation, des cristaux prismatiques d'un jaune foncé. Ces cristaux ne se dissolvent plus entièrement dans l'eau; ils donnent un sel basique d'un beau jaune, semblable au turbith minéral. La dissolution, qui contient un excès d'acide, donne de nouveau des cristaux par évaporation. Ce sel, sublimé dans des vaisseaux de platine, donne de petits cristaux d'un jaune clair; mais il s'en décompose une partie. Le platine

est attaqué, car le sublimé colore l'acide muriatique en brun foncé, et l'ammoniaque produit dans cette dissolution un précipité de la même couleur, qui, à une chaleur rouge, fume et laisse un résidu de platine. Dans des vaisseaux de verre, le fluate de mercure est presqu'entièrement décomposé; il se dégage de l'acide fluorique silicé, tandis qu'il se sublime du mercure. L'ammoniaque forme avec lui un sel basique blanc. Je n'ai pu obtenir le *fluate d'oxidule* en distillant le fluate d'oxide avec du mercure. Un mélange de calomel et de fluate de soude m'a donné par la chaleur un sublimé blanc, contenant de l'acide fluorique et de l'acide muriatique. Je n'ai pas recherché si c'était un sel double; il était entièrement insoluble dans l'eau. L'acide fluorique ne trouble pas le nitrate d'oxidule de mercure : même lorsqu'on les évapore ensemble sur du mercure, l'acide fluorique ne paraît avoir aucune tendance à se combiner avec l'oxidule, car, par le refroidissement, le nitrate cristallise.

Fluate de platine. Il est, en général, difficile de combiner l'oxide de platine avec d'autres acides que l'acide muriatique : cependant il existe pour cela une méthode simple, mais dont on ne se sert que rarement. Elle consiste à faire tomber goutte à goutte du muriate de platine dans un sel de potasse, formé par l'acide avec lequel on veut combiner le platine, tant qu'il se produit du trouble, à filtrer la dissolution et à la concentrer pour en séparer le muriate double de platine et de potasse qui est peu soluble. C'est cette méthode que j'ai employée pour préparer le fluate de platine. La dissolution saline a été évaporée avant que toute la potasse ne fût précipitée, et j'ai ainsi obtenu un fluate double de potasse et de platine, cristal-

lisé et non déliquescent. Ce sel, redissous, a été précipité de nouveau par du fluate de potasse, évaporé à siccité à l'air et traité par l'esprit-de-vin, qui a dissous le fluate de platine et a laissé le sel double qui était resté en dissolution. La dissolution alcoolique, mêlée avec de l'eau, a donné, après une évaporation spontanée, une masse d'un jaune clair, ne présentant pas la moindre trace de cristallisation, et se dissolvant dans l'eau sans résidu. Desséchée à 60°, la masse est devenue d'un brun foncé, et a laissé, en se dissolvant, un sel basique brun.

(*La suite à un prochain Cahier.*)

NOTE *sur la Présence du titane dans les micas.*

PAR M. VAUQUELIN.

M. PESCHIER, pharmacien à Genève, me fit l'honneur de m'écrire, il y a quelques mois, pour m'inviter à répéter ses expériences sur les micas et les talcs, dans l'intention de savoir si j'y trouverais du titane. Pour remplir son desir, je soumis à l'analyse deux variétés de mica que M. Brongniart, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, me remit sans indication de lieu.

Je reconnus, en effet, la présence du titane dans ces deux micas, mais en très-petite quantité et différente pour chacun d'eux. Je transmis ce résultat à M. Peschier, en lui disant que je ne pouvais regarder, comme lui, le titane comme principe constituant nécessaire des micas, qu'après qu'on l'aurait retrouvé dans les micas de

tous les pays qui le fournissent, et en des proportions constantes.

Depuis cette époque, M. Lelièvre, membre de l'Académie des Sciences et inspecteur-général des Mines, m'ayant procuré un grand nombre d'échantillons de mica de différens pays, j'ai continué ce travail, et je dois dire ici que j'ai trouvé des traces de ce métal dans chacun d'eux; mais je dois dire en même temps que ceux qui m'en ont donné le plus n'en contenaient certainement pas un centième.

Pour mettre chacun à même de répéter les opérations que j'ai faites à ce sujet, je vais les décrire le plus exactement qu'il me sera possible. Je fais chauffer au rouge, pendant une demi-heure, avec deux parties de potasse caustique, les micas divisés en lames minces et coupés menu avec des ciseaux. Je délaie la matière dans cent parties d'eau. (Si le mica contient de l'oxide de manganèse, ce qui arrive presque toujours, l'eau devient verte.) Je verse peu à peu dans le mélange de l'acide muriatique jusqu'à ce qu'il y en ait un léger excès. Lorsque le mica a été bien attaqué par la potasse, il se dissout entièrement dans l'acide. Je fais évaporer lentement la dissolution, surtout vers la fin; j'obtiens une poudre blanche, ou plus ou moins colorée, suivant la quantité de fer qu'elle contient; je lave cette poudre avec de l'eau froide et je jette le tout sur un filtre, où je le lave ensuite avec de l'eau bouillante.

Si la silice qui reste est colorée, ce qui arrive souvent, je verse dessus de l'acide muriatique étendu de dix fois son poids d'eau; je laisse ces matières en contact à froid jusqu'à ce que la silice soit blanche : celle-ci étant

lavée, je la fais bouillir, encore humide, avec de l'acide muriatique concentré. Je fais ensuite évaporer celui-ci après l'avoir étendu d'eau et filtré. Quand le liquide ne contient plus qu'une petite quantité d'acide, je l'étends d'eau et j'y mets une infusion de noix de galles ; alors, si le liquide contient du titane, il devient rouge-jaunâtre, et bientôt après il s'y forme des flocons de la même couleur qui se déposent; mais la liqueur reste toujours plus ou moins colorée, ce qui annonce un peu de solubilité dans le tannate de titane.

Pour m'assurer s'il ne reste pas encore du titane dans la silice, je la fais fondre dans une forte solution de potasse, je l'étends ensuite d'eau, j'y mets de l'acide muriatique en léger excès, et j'y mêle de l'infusion de noix de galles Les effets énoncés plus haut se représentent ici quand la silice retient du titane. Cette méthode est fondée sur la facile décomposition du muriate de titane par une chaleur modérée; c'est pourquoi ce métal ou au moins la plus grande partie se retrouve dans la silice. Cependant il se pourrait, si l'évaporation n'avait pas été poussée assez loin, qu'une portion restât en dissolution dans l'eau de lavage. Pour s'en assurer, il faut précipiter la dissolution par l'ammoniaque, laver le dépôt et le traiter par la solution de potasse caustique, qui dissout l'alumine et le titane. L'on sature ensuite cette lessive caustique par l'acide muriatique et on y met de l'infusion de noix de galle.

J'ai remarqué que la couleur des précipités qu'on obtient dans ces différentes opérations n'est pas d'un rouge aussi pur que celui du tannate de titane produit par

une solution de ce métal pur; il tire toujours sur le jaune : j'ignore à quoi peut tenir cette différence.

Je ne donnerai point les proportions du titane qui se trouve dans les micas, parce que, d'une part, il est difficile de l'obtenir en totalité, vu la légère solubilité du tannate de ce métal, et d'autre part, parce que cette proportion varie toujours.

NOTE *sur un Mouvement périodique observé aux voûtes du pont de Souillac.*

PAR M. VICAT.

IL est probable qu'aucune des matières répandues sur le globe ne peut changer de température sans changer en même temps de dimensions. Les dilatations linéaires qu'éprouvent les substances métalliques les plus usuelles ont été mesurées par MM. de Laplace et Lavoisier: j'ignore si d'autres physiciens ont étendu ces recherches aux corps pierreux, tels que le quartz, le granite, le marbre, le calcaire tendre, etc. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'à l'égard de ces matériaux on ne tient aucun compte, en architecture, des effets de la chaleur ou du froid, considérés comme causes de dilatation ou de contraction; tandis qu'on ne pourrait impunément en agir ainsi à l'égard du fer, du plomb ou du cuivre.

La structure des édifices ordinaires est peu propre à indiquer les effets des variations de la température sur la pierre; car la multiplicité des joints permet à chaque bloc de se contracter isolément dans les grands froids;

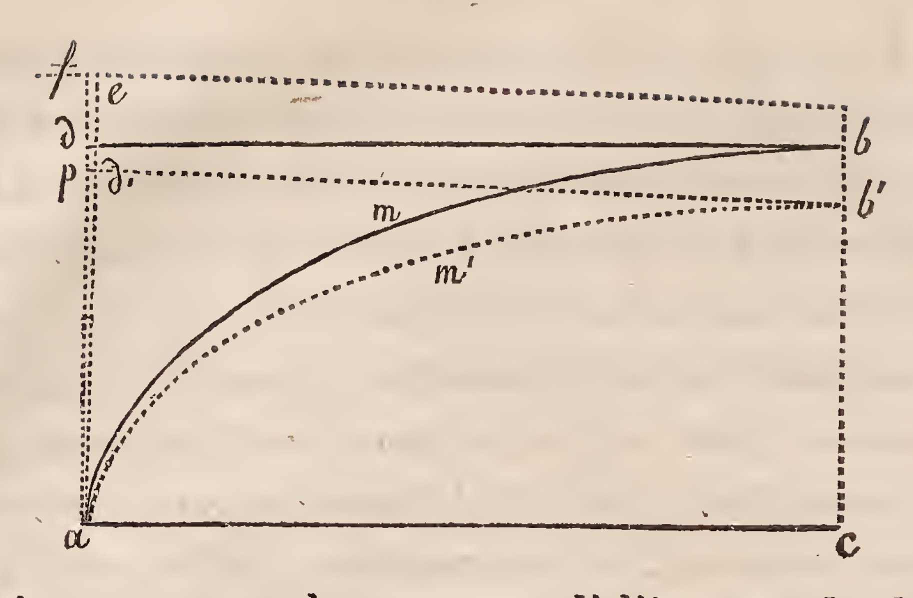
et comme on ne bâtit qu'en été, ou du moins à une température moyenne de 25°, au soleil, les grandes chaleurs ne peuvent ajouter que très-peu de chose à des dimensions qui étaient déjà voisines de leur limite relative *maxima*, au moment de la pose. On conçoit, d'après cela, comment un parapet composé d'une file de pierres disposées en ligne droite ne peut, quelque long qu'il soit, donner des indices d'allongement ou de raccourcissement entre ses points extrêmes, tandis qu'il n'en doit pas être ainsi d'une très-haute colonne ou d'un clocher.

S'il est un mode de construction qui puisse mettre en évidence les petits mouvemens thermométriques des pierres, c'est sans contredit celui des grandes voûtes surbaissées. On sait, en effet, que, la corde restant la même, la longueur de la flèche varie plus rapidement que celle du demi-arc linéaire sous-tendu ; et les différences sont croissantes ou décroissantes, selon que le rapport du grand au petit axe augmente ou diminue.

Il résulte de là que le changement de figure d'une voûte soumise à l'influence de la température doit se manifester par l'inclinaison longitudinale du parapet, laquelle inclinaison doit devenir d'autant plus sensible que, à égale ouverture, la flèche est plus petite. On conçoit, par la même raison, que les mouvemens seront plus grands pour les voûtes portion de berceau (1), que pour celles dont la courbure imite une ellipse.

---

(1) Toutes les fois que l'arc est beaucoup moindre que le plein cintre, comme au pont Louis XVI, par exemple.



Soit pour exemple un quart d'ellipse *amb*, dont le demi grand axe *ac* est égal à 10$^{m\cdot}$,00, et le demi petit axe égal à 5$^{m\cdot}$,00; *bc* est la hauteur extrados, comptée à partir de la naissance de la voûte, et l'horizontale *db* représente le dessous du cordon. La distance du point *d* au point *b* étant invariable (1), je suppose que le coefficient de la contraction linéaire soit pour 40° centigrades de 0$^{m\cdot}$,00015; l'arc *amb*, dont la longueur rectifiée est actuellement de 12$^{m\cdot}$,1296, perdra 0,00182; et comme la flèche se raccourcit, dans le cas actuel, à très-peu près du double de cette quantité, le point *b* s'abaissera en *b'*, après avoir parcouru un espace $bb' = 0^{m\cdot},00364$. Mais la verticale *ad* a dû s'abaisser en même temps de $5,00 - 5,00 \times 0,00015 = 0,00075$; donc le point *d* est arrivé en *d'*; et l'horizontale *db*, devenue maintenant la ligne *d'b'*, a pris, sur 10$^{m\cdot}$ de longueur, une pente totale de 0$^{m\cdot}$,00289; et si l'arc *am'b'* est sur-

(1) Les assises ne peuvent se contracter que partiellement, c'est-à-dire, pierre par pierre dans le sens horizontal, et alors la distance des points *d* et *b* ne varie pas d'une manière appréciable.

monté d'un cordon et d'un parapet de $1^{m.},50$ de hauteur ensemble, le joint *ef* devra bâiller sur le bahut de $0^{mil.},4355$. On néglige, dans ce calcul, le mouvement angulaire *pad'*, lequel est si faible qu'on peut ne pas en tenir compte.

Quoique le cas hypothétique que je viens de discuter n'offre rien d'inadmissible, puisque le coefficient de la dilatation que j'ai choisi est celui qui convient à la poterie brune, et par conséquent à un pont de brique dont les joints seraient très-étroits, je m'empresse néanmoins de répéter que je ne le donne que comme un exemple propre à justifier ce que j'ai dit plus haut de la propriété qu'ont les voûtes elliptiques surbaissées de mettre en évidence de très-petits mouvemens par l'inclinaison des parapets. La quantité $0^{mil.},4335$, que j'appellerai *indice*, est très-visible de près, à l'œil nu, sur un joint poli compris entre deux arêtes vives.

J'ai au surplus constaté, d'une manière exempte de toute objection, des mouvemens beaucoup plus petits que ceux qui peuvent donner lieu à une telle ouverture : les détails dans lesquels je vais entrer à ce sujet appartiennent à des observations qui n'ont rien d'hypothétique, comme on va le voir.

On vient de construire sur la Dordogne, à Souillac, un pont en pierre de taille (1), de sept arches, de $22^{m.},00$ d'ouverture chacune, sur $8^{m.},33$ de montée ou

---

(1) Calcaire blanc, à grain fin, d'une dureté moyenne qui permet d'en dresser les paremens avec l'outil dentelé nommé *ripe*.

flèche ; l'épaisseur uniforme, de l'intrados à l'extrados, est de 1m.,20. Afin de livrer passage au public au 1er janvier 1824, on a dû poser les plinthes et parapets presqu'immédiatement après le décintrement des deux dernières voûtes, et cette opération a été terminée vers le 15 décembre 1823, avant les premières gelées, qui, cette année, ne sont arrivées que fort tard dans le département du Lot : or, comme le tassement des voûtes, en général, ne se termine pas brusquement après l'enlèvement des cintres, mais continue encore, par degrés insensibles, pendant plusieurs mois, il était présumable que, pour obéir à ce mouvement, les pierres des parapets se disjoindraient, à l'aplomb des naissances de chacune des deux voûtes récemment décintrées. La disjonction a eu lieu en effet, non pas insensiblement comme on s'y attendait, mais presque tout-à-coup, et précisément pendant les fortes gelées de février 1824, plus d'un mois après la pose desdits parapets : chose surprenante, le même accident s'est fait remarquer à l'aplomb des naissances des autres voûtes, dont trois cependant se soutenaient sans cintre depuis plus d'un an.

Il a bien fallu renoncer alors à considérer comme cause unique de ces accidens la suite du tassement naturel ou spontané : ma première idée a été d'imaginer qu'indépendamment de l'affaissement qui résulte de leur propre poids, les voûtes en éprouvaient un second au moment où elles ressentent les premières vibrations dues au roulage des voitures pesamment chargées. Curieux de mesurer les progrès de ces nouveaux mouvemens (présumés), j'ai fermé bien exactement avec du mastic

bouillant (1) une étendue d'environ $0^m,02$ centim. de chacun des joints entr'ouverts : rien n'a bougé pendant la durée des gelées; mais sur la fin de février, après quelques jours assez chauds pour la saison, je m'aperçus, non sans surprise, que les pierres éclataient sur l'arête aux endroits mastiqués ; cependant l'œil ne pouvait apprécier encore aucun mouvement rétrograde; et d'un autre côté, il n'était pas présumable que le mastic posé à chaud, dans le plus grand état de dilatation possible, se fût gonflé après coup : la température ayant continué à s'élever pendant quelques jours, tous les doutes furent dissipés, car les joints se resserrèrent tous d'une manière très-sensible ; et enfin, la périodicité du mouvement est devenue incontestable, depuis qu'un second écartement suivi d'un second resserrement s'est manifesté.

En résumé, il y a eu :

1°. En février, pour un froid moyen de — 7° centig., *écartement.*

2°. Sur la fin du même mois, pour une chaleur de 20° au soleil, à deux heures, *resserrement.*

3°. Du 3 au 6 mars, pour un froid moyen de — 5°, *écartement.*

4°. Du 10 au 15 avril, pour une chaleur de 20 degrés au soleil, à deux heures, *resserrement.*

L'axe du pont étant dirigé à-peu-près de l'est à l'ouest, la face amont regarde le midi, et la face aval le nord;

---

(1) Composé de 27 parties de brai sec et de 73 de terre ordinaire tamisée.

aussi les mouvemens sont-ils, sans exception, plus sensibles en aval qu'en amont, et, par suite, les premiers effets de l'élévation de la température se montrent sur le parapet sud, et les effets contraires sur le parapet nord.

Des mesures multipliées, prises avec un compas de proportion, dont les branches les plus longues décuplent les dimensions réelles des objets, ont donné, pour indice moyen des plus grands mouvemens observés jusqu'à ce jour (22 avril 1824), $0^{m.},000167$ ou $0^{mil.},167$; et comme le joint qui fournit cet indice appartient aux mouvemens simultanés de deux voûtes contiguës (la première et la seconde de droite), il en résulte que l'indice réel pour une seule voûte n'est que de $0^{mil.},0835$. Des calculs analogues à ceux du cas hypothétique pris tout-à-l'heure pour exemple indiquent qu'un tel indice doit correspondre à un abaissement de $0^{mil.},6791$ à la clef; ainsi l'arc elliptique, dont les demi-axes primitifs étaient $12^{m.},20$ et $9^{m.},53$, a dû appartenir, par suite du retrait, à de nouveaux demi-axes de $12^{m.},20$ et de 9,529321 (1): or, dans le premier cas, la longueur rectifiée était de 34,2623485585 1638; dans le second, elle s'est réduite à 34,26137312623728 : la différence $0^{m.},00097543$, etc. représente donc le raccourcissement de l'arc entier pour un abaissement de température de 27°; ce qui répond à une dilatation de $0^{m.},000105426$ par mètre, pour 100° centigrades : c'est à très-peu près le $\frac{1}{10}$ de la dila-

(1) On suppose que la courbe contractée est encore une ellipse, ce qui n'est pas démontré; mais on sent que la différence, si elle existe, peut être négligée.

tation linéaire de l'acier trempé, et le $\frac{1}{8}$ de celle du verre de Saint-Gobain. Ce résultat, qui ne convient probablement qu'à la pierre dont le pont de Souillac est bâti, doit être affecté d'une erreur qui dépend, 1°. de la petite incertitude que laisse la mesure de l'indice; incertitude qui tient à l'insuffisance de mes moyens physiques d'observation; 2°. de l'épaisseur des joints, dont il aurait fallu tenir compte, le mortier ne se dilatant pas très-probablement de la même manière que la pierre; 3°. enfin, de l'inégale température de l'arc supérieur et des arcs inférieurs de droite et de gauche d'une même voûte, à raison de l'exposition, de l'épaisseur, etc.; mais l'objet de mes calculs était moins d'assigner exactement la dilatation thermométrique de la pierre, que de prouver qu'elle peut, quoique très-petite, se manifester, par des effets très-sensibles, sur les parapets des ponts. Des calculs fort simples font voir qu'une dilatation linéaire de 0,00006296 aurait suffi pour produire l'indice de $0^{mil.}$,0835, si les voûtes du pont de Souillac, sans changer d'ouverture, eussent été construites en portion de berceau commençant au couronnement des piles.

Une des conséquences les plus évidentes de ce qui précède est que les grandes voûtes exposées à toutes les intempéries ne sont jamais en équilibre. Je laisse aux savans qui se sont particulièrement occupés des conditions de cet équilibre, à discuter l'influence perturbatrice des mouvemens dont je viens de constater la réalité; je me borne à faire remarquer que ces mouvemens s'étant également prononcés sur des voûtes construites depuis plus d'un an, et sur d'autres construites depuis

moins de deux mois, le ressort thermométrique des pierres, si je puis m'exprimer ainsi, ne paraît point s'affaiblir avec le temps.

Le 27 avril 1824.

NOTE *supplémentaire sur les Mouvemens thermométriques du pont de Souillac.*

LE mouvement rétrograde des joints indicateurs ayant continué à s'opérer, et ces joints étant, aujourd'hui 18 juin, exactement refermés, on a mesuré la distance des lignes de repère établies pendant l'hiver; les longues branches du compas multiplicateur ont marqué 96 millimètres, au lieu de 99 qu'elles indiquaient primitivement; la différence de 3 millimètres répond en réalité à $0^{mil.},303$, ce qui donne, pour chacune des deux voûtes contiguës auxquelles appartient le mouvement total, un indice de $0^{mil.},1515$, presque double de celui qu'on a observé le 22 avril dernier.

Il n'y a certainement rien de microscopique dans le mouvement d'un joint qui varie de zéro à $0^{mil.},303$. Il est tout-à-fait improbable d'ailleurs que la pierre du pont de Souillac soit, plus particulièrement que toute autre, sujette aux impressions thermométriques; c'est un calcaire blanc, coquillier, d'une dureté moyenne et susceptible d'un demi-poli, semblable en un mot à la plupart des pierres à bâtir employées en France. On ne doute nullement que les ponts de Paris à voûtes très-surbaissées, et notamment celui de Neuilly, ne puissent

fournir des indices thermométriques bien autrement remarquables que ceux du pont de Souillac, si on veut se donner la peine de les observer avec attention.

RAPPORT *sur un Mémoire de M.* Vicat *intitulé :* Recherches sur les mastics résineux.

M. VICAT, ingénieur des Ponts et Chaussées à Souillac, déjà connu avantageusement de l'Académie, a soumis à son jugement de nouvelles recherches sur les mastics résineux. Nous avons été chargés d'en rendre compte, MM. de Prony, Gay-Lussac et moi (M. Girard).

L'emploi de l'asphalte dans les constructions de maçonnerie est attesté par les plus anciens historiens, et l'usage s'en est conservé jusqu'à présent dans plusieurs contrées de l'ancien et du nouveau continent.

Cette substance, étant imperméable à l'eau, semble aussi très-propre à former les joints de la maçonnerie dans les constructions hydrauliques, et celles qu'on veut mettre à l'abri de l'humidité.

On a proposé depuis quelques années, pour cet usage, l'espèce d'asphalte que l'on tire de Seyssel, dans le département de l'Ain; le prix de cette matière étant assez élevé, M. Vicat a eu l'idée de la remplacer par des mastics résineux factices, dont la composition et les propriétés sont l'objet du Mémoire que nous avons examiné.

Le goudron végétal ordinaire est la base de ces mastics; les matières pulvérulentes les plus communes en sont les autres élémens. Pour en opérer le mélange, on

fait d'abord bouillir le goudron dans un vase de fonte; pendant qu'il est en ébullition, on y verse peu à peu la poussière de briques ou de linteaux, de pierres calcaires ou siliceuses, de mâchefer, d'argile, de terre végétale, etc., qui doivent entrer dans la composition du mastic : pendant ce temps-là on brasse le mélange avec force, l'on cesse enfin d'y verser la matière solide et pulvérulente lorsque la saturation du goudron paraît être à son terme.

M. Vicat ayant ainsi composé vingt-trois espèces de mastics résineux, les a comparées entr'elles sous le rapport de leurs tenacités spécifiques à une même température, et sous le rapport de l'influence de températures différentes pour en occasioner le ramollissement à un même degré.

A cet effet, il a formé de chacun de ces mastics de petits prismes rectangulaires qui ont été encastrés horizontalement à l'une de leurs extrémités, et chargés, à leur autre bout, d'un poids que l'on a augmenté par degrés insensibles jusqu'à ce qu'il opère la rupture du prisme en expérience; on a ainsi obtenu la résistance relative de chacune de ces matières. Ces résistances ou tenacités spécifiques sont indiquées par des nombres qui forment la première colonne du tableau par lequel le Mémoire de M. Vicat est terminé.

On voit que ces nombres varient depuis 4000, qui représente la tenacité d'un mastic composé de 16 parties en poids de goudron, et de 36 parties de ciment rouge de brique ou de tuile, et le nombre 500 qui représente la tenacité d'un mastic composé de 16 parties de goudron et de 22 parties de cendres de bois : ces

expériences ont été faites à une température de 14,50 du thermomètre centigrade.

Pour connaître ensuite la résistance que ces divers mastics opposent au choc ou à l'action d'une force vive, M. Vicat en a formé de petites sphères de 0,026 de diamètre qu'il a laissé tomber de différentes hauteurs sur une surface dure et polie; il a remarqué de quelle hauteur il fallait qu'elles tombassent pour se briser par le choc. Concluant ensuite de cette hauteur leur vitesse finale, il a formé du produit de cette vitesse et de la masse de chacune des sphères qu'il a soumises à l'épreuve, une suite de nombres qui forment la seconde colonne du tableau dont il vient d'être parlé. Ces nombres sont compris entre 1188, qui représente la dureté d'un ciment composé de 16 parties de goudron et de 28 parties de mâchefer, et le nombre 413, qui représente la dureté du mastic de goudron et de cendres de bois.

Les deux colonnes suivantes du même tableau indiquent les degrés de température auxquels l'affaissement de ces petites sphères commence à être sensible sous un poids de 5 kilog., et les degrés de température auxquels cet affaissement, sous le même poids, devient égal au tiers du diamètre des sphères. On trouve ici que les mastics les plus durs se ramollissent à 38 ou 39 degrés de température, tandis que les plus fragiles, ceux, par exemple, qui sont composés de goudron et de cendres de bois, ne commencent à s'amollir qu'à une température de 80 degrés. Le ramollissement de tous les autres mastics commence entre ces deux termes de l'échelle thermométrique.

La cinquième et dernière colonne indique les pesan-

teurs spécifiques de chacun d'eux ; elle montre que les plus légers sont ceux composés de goudron et de charbon, ou de cendres de bois ; ils sont en même temps ceux qui exigent, pour commencer à se ramollir, la température la plus élevée ; d'où M. Vicat conclut avec raison qu'ils sont aussi les plus propres à former l'enduit extérieur de terrasses à l'italienne qui seraient exposées au soleil et aux intempéries de l'air.

L'objet spécial de l'auteur étant de substituer au bitume de Seyssel, dont le prix s'élève à 42 francs le quintal métrique dans le département du Lot, des mastics résineux qu'on puisse employer à moins de frais, il appelle particulièrement l'attention sur ceux composés de goudron et de poussière de route ou de terre végétale ; ils figurent dans la série d'échantillons que nous mettons, à l'appui de ce rapport, sous les indices D^3 et *H*.

On fait usage depuis long-temps, dans les constructions civiles et hydrauliques et dans la pratique de certains arts, de mastics fusibles que l'on emploie à une température plus ou moins élevée : tels sont entr'autres le *mastic de fontainier* et le mastic noir, connu sous le nom de *paroisse ;* mais leur prix est beaucoup plus élevé que celui des cimens résineux de M. Vicat.

On retrouve dans le Mémoire de cet ingénieur la méthode et la concision qui caractérisent les productions par lesquelles il s'est déjà fait connaître de l'Académie. En déterminant par l'expérience la tenacité de ces mastics, soit qu'on les soumette à l'action d'un poids appliqué à un certain bras de levier, soit qu'ils reçoivent le choc d'un corps dur ou l'influence de températures

variées, il est parvenu à évaluer numériquement le degré d'utilité qu'ils peuvent présenter suivant les circonstances, et cette évaluation numérique doit toujours être le but essentiel de ces sortes de recherches.

Il convient cependant d'indiquer ici une rectification que doit subir la seconde colonne du tableau d'expériences de M. Vicat. Son intention a été en effet de représenter, par les nombres dont elle est formée, la résistance de ces mastics à l'action d'une force vive : ces nombres, tels que le tableau les porte, sont, comme on l'a dit, les produits de la masse des petites sphères mises à l'épreuve, par la vitesse qu'elles ont acquise à l'instant où elles se brisent en tombant de diverses hauteurs : or, on sait que l'intensité du choc, qui se confond ici avec la tenacité de la matière éprouvée, ne se mesure pas par la simple vitesse, mais bien par le carré de la vitesse du choc, c'est-à-dire, par la hauteur de chute qui lui est due, hauteur que l'expérience fait connaître immédiatement; ce qui dispense de tout calcul, et rend très-aisée la rectification que nous proposons.

Les nouvelles recherches de M. Vicat s'appliqueront avec plus ou moins d'avantage dans les constructions civiles, hydrauliques et militaires. Elles méritent les encouragemens de l'Académie, et nous pensons qu'elles formeront un supplément utile à l'excellent Mémoire que cet ingénieur a publié, en 1818, sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires.

Le 28 juin 1824.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 24 mai 1824.

Le Ministre de l'Intérieur annonce qu'il a décidé que le buste de M. Berthollet serait exécuté en marbre, aux frais de l'Etat, pour être déposé dans la Bibliothèque de l'Institut.

L'Académie reçoit un Mémoire contenant des considérations sur les fossiles, et particulièrement sur les ammonites, par M. D'Hombres-Firmas; la Description d'un nouvel instrument d'astronomie, par le comte de Zuylen de Nyevelt; un paquet cacheté de M. Castille, horloger, relatif à une recherche dont il s'occupe; une Réfutation de Newton, par J.-B. Souton.

M. Vauquelin fait un rapport au sujet d'un Mémoire de M. Dublanc, pharmacien, *sur l'Emploi de la teinture alcoolique de noix de galle, comme moyen de reconnaître la présence de la morphine.*

M. Dublanc pense que la teinture alcoolique de noix de galle, saturée à froid, est un réactif plus sensible que tous ceux qu'on a proposés jusqu'ici pour reconnaître la présence de la morphine dans les liquides qui en contiennent, soit seule, soit à l'état de sel.

Cette propriété est fondée sur l'insolubilité de la combinaison que forme la morphine avec le tannin. La morphine étant par elle-même un peu soluble dans l'eau, il est évident que l'ammoniaque, ordinairement employée pour la reconnaître, ne peut en démontrer la présence qu'autant que le véhicule qui contient ses sels

n'est pas en quantité suffisante pour la tenir en dissolution. Il suit de là que l'ammoniaque ne peut servir à cet usage quand la morphine seule et sans l'intermède d'un acide est dissoute dans un liquide.

M. Dublanc, n'ignorant pas que les matières organiques qui se rencontrent dans les liquides animaux, en formant des composés insolubles avec la noix de galle, viendraient compliquer les résultats, et par là les rendre incertains, a cherché à les simplifier en employant un excès de teinture de noix de galle ou de l'alcool qui dissolvent le tannate de morphine sans attaquer le tannate animal. Il ajoute ensuite de l'eau à la dissolution de tannate de morphine, fait évaporer, et celui-ci se précipite à mesure que l'alcool se dissipe.

Avant de faire le rapport, M. Vauquelin engagea M. Dublanc à comparer son procédé à celui que M. Lassaigne avait précédemment proposé. Voici les résultats obtenus par ces deux chimistes :

Une dissolution d'acétate de morphine qui en contient seulement $\frac{1}{15000}$me est sensiblement troublée par l'infusion alcoolique de noix de galle saturée à froid.

L'ammoniaque ne peut démontrer la présence de l'acétate de morphine dans une liqueur qu'alors qu'elle en contient $\frac{1}{500}$me.

La sensibilité de l'infusion de noix de galle est donc trente fois plus grande que celle de l'ammoniaque lorsque la morphine ou quelques-uns de ses sels sont dissous dans l'eau simple; mais quand ils se trouvent dans des liquides animaux, le procédé présente quelques inconvéniens que le rapporteur signale.

Appliqué à de l'urine humaine dans laquelle on avait dissous $\frac{1}{500}$ d'acétate de morphine, et à la même quantité d'urine pure, il s'est également formé des précipités dans l'extrait alcoolique de ces deux liqueurs animales, et ces précipités, produits dans des circonstances différentes, étaient pour la plus grande partie solubles dans l'alcool. Après avoir évaporé la solution alcoolique de morphine qui, suivant l'auteur, devait contenir cette substance unie au tannin, on a été très-surpris de voir que l'acide nitrique n'en indiquait que de faibles traces : elle était mélangée avec une certaine quantité d'urée. Au contraire, la liqueur dans laquelle le précipité avait été formé en contenait des traces plus sensibles. Ces effets inattendus proviennent indubitablement de la solubilité du précipité dans l'acide libre que contient l'extrait alcoolique de l'urine, effet qui a lieu également avec l'acide acétique faible. La solubilité dans l'alcool de certaines combinaisons de tannin et de matière animale, et la couleur rouge qu'elles prennent par le contact de l'acide nitrique, pourraient donc causer de graves erreurs si on employait exclusivement le procédé de M. Dublanc dans des cas d'empoisonnement.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à l'élection d'un candidat qui doit être présenté pour la place de professeur de physique au Collége de France. Le nombre des bulletins recueillis était de 42, parmi lesquels se trouvaient 3 billets blancs. M. Fresnel, ayant réuni 34 suffrages, sera présenté comme candidat de l'Académie.

M. Legendre fait un rapport sur les nouvelles Tables manuscrites de M. Bagay.

Les conclusions sont que ces Tables auraient besoin d'être rectifiées avant de les livrer à l'impression.

M. Poisson, au nom d'une Commission, fait un rapport très-favorable sur le Mémoire de M. Damoiseau, *renfermant le calcul des perturbations de la comète à courte période.*

M. Paixhans donne lecture d'un Mémoire dans lequel il examine la question suivante : Les machines à vapeur peuvent elles devenir des armes, et comment peut-on les employer à la guerre ?

M. Geoffroy-Saint-Hilaire présente, comme une suite du rapport qu'il a fait dans la précédente séance, un Mémoire *sur l'Analogie des filets pêcheurs de la baudroye avec les apophyses montantes des vertèbres, et spécialement avec les premiers rayons de la nageoire dorsale des silures.*

La Commission chargée de présenter des sujets de prix d'histoire naturelle fait son rapport. (Nous avons déjà publié les Programmes, vol. XXVI.)

On donne lecture d'une lettre de M. Audouin sur l'usage d'une vésicule qui accompagne les organes générateurs des insectes femelles.

La Section d'Astronomie propose d'accorder, cette année, la médaille fondée par M. de Lalande, au travail de M. Damoiseau sur la comète à courte période : cette proposition est adoptée.

Séance du lundi 31 *mai.*

M. Perre, de Clermont-Ferrand, écrit qu'il est inventeur d'un moyen de voyager dans l'air sans le secours des aérostats.

On annonce que M. Permon a retiré le Mémoire dans lequel il traite de la cause du méphitisme marécageux.

M. Lassaigne lit des Recherches chimiques *sur les moyens de constater la présence de l'acide hydrocyanique chez les animaux empoisonnés par cette substance.*

M. Magendie annonce qu'il a continué ses expériences relatives aux nerfs de la cinquième paire : il vient d'observer que ce nerf influe sur tous les sens à tel point que si on le coupe d'un côté, les cinq sens sont immédiatement abolis de ce même côté, et cet effet a lieu des deux côtés à la fois si les deux nerfs sont coupés. Le phénomène n'existe que pour la partie antérieure de la tête ; les pavillons de l'oreille et la partie postérieure de la tête conservent leur sensibilité.

M. Becquerel lit de nouveaux Développemens *relatifs aux effets électriques observés dans les actions chimiques.*

M. Girard fait un rapport sur les expériences de M. Vicat consignées dans ce Cahier.

M. Auguste Saint-Hilaire donne lecture d'un Mémoire dans lequel il fait mention des effets vénéneux du miel de la guêpe lecheguana.

M. Desmoulins lit un Mémoire *sur les Différences qu'il remarque entre le système nerveux de la lamproye et celui des animaux vertébrés.*

Séance publique annuelle du 7 juin.

(Nous avons déjà fait connaître, tome XXVI, pag. 188 et suiv., les prix proclamés et les prix proposés dans cette séance.)

Séance du lundi 14 juin.

Le Ministre de l'Intérieur adresse l'Ordonnance qui règle l'emploi des fonds légués à l'Académie par M. de Montyon.

On reçoit un Mémoire de M. Féburier *sur plusieurs propriétés du fluide électrique*; et une nouvelle réfutation de Newton, par M. Souton.

M. Latreille lit un rapport au sujet des Recherches de M. Léon Dufour *sur l'Anatomie des insectes coléoptères*. Ce travail a paru remarquable par son exactitude, son étendue et l'esprit philosophique qui l'a dirigé.

M. Bosc, au nom d'une Commission, lit un Rapport sur l'ouvrage de M. de Bonnemaison *relatif aux Hydrophytes*.

M. Arago rend compte des expériences qu'il a faites, il y a déjà long-temps, sur la lumière qui émane des corps incandescens. Il a reconnu que cette lumière, *si les corps sont solides ou liquides*, est partiellement polarisée par réfraction quand les rayons observés forment avec la surface de sortie un angle d'un petit nombre de degrés. Quant à la lumière des gaz enflammés, elle ne présente, sous aucune inclinaison, des traces de polarisation sensibles. M. Arago tire de ces expériences la conséquence qu'une portion notable de la lumière qui nous fait voir les corps incandescens, se forme dans leur intérieur et jusqu'à des profondeurs qu'il n'a pas encore complètement déterminées. Il montre, dès à présent, que le même moyen d'observation peut être appliqué à l'étude de la constitution physique du soleil : les résultats qu'il

a déjà obtenus dans cette recherche confirment les conjectures de Bode, de Schroëter, d'Herschel, etc.

M. Cuvier lit un Mémoire *sur le Plesiosaurus*, nouveau genre de reptile fossile découvert par M. Conybeare, intermédiaire entre les lézards et l'ichtyosaurus, et caractérisé principalement par un cou d'une longueur excessive.

M. Geoffroy-Saint Hilaire lit un Mémoire *sur les Facultés auditives des poissons, et sur plusieurs parties de la respiration aérienne, réduite, chez les plus élevés de ces animaux, à l'état de débris rudimentaires, puis transformés chez eux en moyens d'audition.*

M. Percy fait un rapport verbal sur une nouvelle édition des Œuvres de feu Le Gallois.

Séance du lundi 21 juin.

M. Girard lit un Mémoire intitulé : *Application des principes de dynamique à l'évaluation des avantages respectifs des différens moyens de transport.*

M. Laugier commence la lecture du Mémoire intitulé : *Examen chimique de trois minéraux provenant de l'île de Ceylan.*

M. de Wiebeking, correspondant, lit des Considérations *sur l'Etat de l'architecture civile au moyen âge, et sur les moyens par lesquels les monumens de ce temps ont été exécutés.*

Séance du lundi 28 juin.

M. Puissant adresse à l'Académie la Description d'un nouvel instrument qu'il nomme *panorographe*, et qui

sert à tracer avec facilité et exactitude la perspective d'un Panorama.

M. Zamboni, professeur de physique à Vérone, envoie un Mémoire *concernant ses piles électriques sèches.*

M. Dulong donne lecture d'une lettre que M. Pouillet lui a adressée, sur les moyens de mesurer des températures très-élevées, et spécialement celle qui a lieu à la surface du soleil.

M. Girard, au nom d'une Commission, fait un rapport sur les Recherches de M. Vicat *relatives aux Mastics résineux.* (*Voyez* plus haut.)

M. le général Brisbane adresse les Observations astronomiques faites à Paramatta, dans la Nouvelle-Hollande.

M. Duméril fait un rapport sur le Mémoire du Dr Audouard *relatif à l'Origine de la fièvre jaune.*

M. Audouard attribue exclusivement le développement de la fièvre jaune à une infection spéciale des vaisseaux employés à la traite des nègres; mais il n'a pas pu jusqu'ici étayer cette opinion nouvelle de preuves assez concluantes pour en motiver l'adoption.

M. Percy présente, de la part de M. Guyon, chirurgien major à la Martinique, deux sangsues de cette île et des vers implantés dans une portion de l'intestin grêle d'un cochon de quatre mois.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur la nature, la formation et les usages des pierres qu'on trouve dans les cellules auditives des poissons.*

M. Laugier achève la lecture de son Mémoire *sur la Composition chimique de trois minéraux provenant de l'île de Ceylan.*

M. Marigot communique un Mémoire *relatif à la Conservation des grains.*

Séance du lundi 5 juillet.

M. Fourier fait un rapport verbal sur une collection de documens de statistique offerts à l'Académie par M. le comte de Funchal.

L'Académie ayant appris que M. Savigny, l'un de ses membres, est dangereusement malade, charge M. Geoffroy-Saint-Hilaire d'aller lui témoigner l'intérêt qu'elle prend à sa position.

On annonce la mort de M. Dumont de Courset, correspondant.

M. Becquerel lit un Mémoire *sur les Actions électromotrices de l'eau.* (Ce Mémoire fait partie de ce Cahier.)

M. Auguste Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur les Plantes de la flore du Brésil méridional, appartenant au groupe qui comprend les droseracées, les violacées, les cistinées et les frankéniées.*

Séance du lundi 12 juillet.

M. Plantou adresse de New-York une lettre détaillée relative à de nouvelles applications de la force de la vapeur, faites par M. Hawkins, et qui, assure-t-il, sont antérieures à celles de M. Perkins.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire annonce que depuis quelques jours la santé de M. Savigny s'est un peu améliorée.

M. Dulong, au nom d'une Commission, fait un rapport que le Ministre de l'Intérieur avait demandé, con-

cernant les conditions à remplir dans l'application des rondelles métalliques fusibles aux chaudières des machines à vapeur. Les conclusions seront discutées dans la prochaine séance.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire fait un rapport verbal au sujet de l'ouvrage de M. Serres intitulé : *Anatomie comparée du cerveau dans les quatre classes d'animaux vertébrés.*

M. Gemmellaro, de Catane, présente un Recueil de cartes et de vues perspectives de l'Etna.

Séance du lundi 19 juillet.

M. le comte de Thiville réclame le manuscrit d'un Mémoire qu'il avait présenté à l'Académie et sur lequel il a été fait un rapport, *concernant le mouvement des corps dans les fluides.* Les commissaires déclarent que cette remise peût être effectuée sans inconvénient.

M. Ferrand, qui a adressé les plans et le modèle d'un nouveau projet de bateau, témoigne le desir qu'il soit fait un prompt rapport.

M. Freycinet communique l'extrait d'une lettre qui lui a été écrite, du port Jackson, par M. Duperrey, commandant la nouvelle expédition autour du monde, et dans laquelle il rend compte de la découverte récente d'une grande rivière à la Nouvelle-Hollande, et des encouragemens que le général Brisbane, correspondant de l'Académie, accorde à toutes les recherches utiles.

M. Arago présente, au nom de M. Zamboni de Vérone, un appareil électro-moteur, fondé sur les propriétés des piles sèches, et qui imprime à un levier horizontal un mouvement de rotation continu.

L'Académie continue l'examen des questions adressées par le Gouvernement, concernant les précautions qu'exige l'usage des machines à vapeur. Il s'établit, à ce sujet, une discussion fort étendue, à la suite de laquelle elle délibère séparément sur les conclusions, et les adopte telles qu'elles sont énoncées dans le rapport qu'on trouvera textuellement plus loin.

M. Chevreul lit un Mémoire *sur différentes Espèces de bile, et en particulier sur la présence de la cholestérine dans la bile humaine et dans la bile d'ours.*

Séance du lundi 26 juillet.

M. Roques propose de fonder un prix pour la découverte d'un moyen propre à rendre la cornée transparente.

M. Saint-Clair écrit à l'Académie pour l'inviter à faire examiner la masse découverte dans la forêt de Fontainebleau, et qu'il considère comme un fossile humain.

M. le baron Blein adresse un nouveau Mémoire d'Acoustique.

M. Grattanelli, professeur à Sienne, présente quelques livraisons de l'*Anatomie* de Mascagni.

M. Gay-Lussac rend compte d'une expérience relative à l'appareil de Mlle Gervais, et qui prouve qu'il ne se recueille, à l'aide de cet appareil, qu'un peu de vin volatilisé.

M. Latreillle lit une Note *sur un nouveau Genre d'araignée qu'il nomme* myrmecia.

L'Académie a entendu un rapport verbal de M. Yvart sur les *Annales agricoles* de Roville, que publie M. de

Dombasle; un rapport de M. Bosc sur une sangsue trouvée à la Martinique; et enfin, un rapport de M. Cauchy sur des recherches mathématiques de M. Simonoff, professeur à l'Université de Casan.

RAPPORT *supplémentaire concernant les mesures de sûreté relatives à l'emploi des machines à feu.*

Au commencement de l'année dernière, l'Académie chargea une Commission composée de MM. de Laplace, de Prony, Ampère, Girard et Dupin, d'examiner plusieurs questions qui lui avaient été adressées par le Gouvernement, sur les moyens de prévenir les accidens qui peuvent résulter de l'emploi des machines à feu. Les conclusions du rapport de cette Commission furent adoptées par l'Académie, dans sa séance du 14 avril de la même année.

Les moyens que l'on y propose ont le double objet d'éviter la rupture des chaudières que pourrait occasioner l'inexpérience ou l'incurie des ouvriers chargés d'entretenir le feu, et de garantir les propriétés voisines des désastres d'une explosion produite par quelque circonstance qui aurait échappé à la prévoyance la plus éclairée.

Ces moyens consistent, 1°. à s'assurer, par la presse hydraulique, que les chaudières résistent à une pression cinq fois plus forte que celle qu'elles auront à soutenir pendant l'usage habituel de la machine dont elles feront partie;

2°. A adapter à la chaudière une soupape recouverte d'une grille qui ne permette pas aux ouvriers de la surcharger, son poids invariable étant calculé de manière qu'elle puisse être soulevée par la vapeur lorsque celle-ci aura dépassé la limite d'élasticité pour laquelle la chaudière aura été essayée;

3°. A envelopper la chaudière d'une enceinte de maçonnerie d'un mètre d'épaisseur, en laissant un intervalle aussi d'un mètre, soit entre l'enceinte et les murs des habitations voisines, soit entre la même enceinte et la chaudière.

M. Dupin, rapporteur de la Commission, ajouta au rapport une note particulière dans laquelle il indiquait, comme surcroît de précaution, un moyen déjà employé avec succès dans les marmites *autoclaves*. C'est une rondelle métallique fermant hermétiquement un trou pratiqué dans la paroi supérieure de la chaudière, et formée d'un alliage fusible à une température supérieure, de quelques degrés seulement, à celle qui correspondrait à la force élastique de la vapeur dans le travail ordinaire de la machine.

Toutes les mesures conseillées par la Commission, ainsi que celle qui fut suggérée par M. Dupin, ont été adoptées par le Gouvernement. Elles forment la base de l'Ordonnance royale publiée le 29 octobre dernier, portant réglement sur les machines à feu à haute pression. Les machines ainsi qualifiées dans l'Ordonnance sont celles où l'on emploie la vapeur sous une pression supérieure à deux atmosphères : les mesures de sûreté ne sont applicables qu'à celles-ci.

Si l'on se fût borné à l'emploi des soupapes de sûreté, l'exécution de l'Ordonnance n'eût présenté aucune difficulté. Mais pour faire usage des rondelles fusibles, il fallait avant tout connaître les températures correspondantes aux divers degrés d'élasticité que la vapeur doit prendre pendant le service de chaque machine. Les ingénieurs chargés par le Gouvernement d'appliquer les mesures prescrites par l'Ordonnance se sont trouvés arrêtés par le défaut de documens précis à cet égard. C'est cette difficulté que M. le conseiller d'Etat Directeur de l'Agriculture et du Commerce a soumise à l'Académie, qui en a renvoyé l'examen à une Commission composée de MM. de Prony, Ampère, Girard et moi.

La connaissance de la relation des températures et des forces élastiques correspondantes de la vapeur d'eau

est un des élémens les plus importans de la théorie de la chaleur. Plusieurs physiciens se sont occupés de cette recherche dans l'espoir de découvrir la loi mathématique qui établit entre ces deux effets une dépendance réciproque. Malgré toutes les tentatives faites jusqu'à présent, on ne possède encore que des formules empiriques qui ne permettent pas de calculer la tension de la vapeur au-delà des limites des observations directes. Il n'existe même pas assez d'accord entre les résultats obtenus par les observateurs les plus habiles, pour que l'on puisse regarder les formules qui en sont déduites comme suffisamment exactes dans la partie de l'échelle qu'elles embrassent.

La Commission, desirant ne laisser aucune incertitude sur un objet d'une aussi haute importance, avait saisi avec empressement cette occasion d'entreprendre une nouvelle série d'expériences. Elle se fût efforcée de donner assez de précision à ses méthodes d'observation pour que les résultats eussent pu être considérés comme définitifs. Mais l'Ordonnance précitée devant recevoir dès à présent son exécution, le retard que nécessiterait une recherche expérimentale de la nature de celle-ci, en y mettant même toute la diligence possible, pouvant devenir préjudiciable au commerce des machines à feu, en quelque sorte suspendu depuis la publication de l'Ordonnance, l'Académie a pensé qu'il était convenable de fournir provisoirement à l'Administration les nombres affectés d'une erreur assez faible pour qu'il n'en résulte aucun inconvénient dans la pratique.

Nous avons donc soumis à un examen réfléchi les recherches des divers physiciens qui se sont occupés de cette matière. En combinant les résultats qui nous ont paru mériter le plus de confiance, nous avons construit une formule d'interpolation qui nous a servi à calculer la correspondance des températures et des forces élastiques de la vapeur. Ce moyen a, comme l'on sait, l'avantage de faire disparaître ou d'atténuer beaucoup les écarts des observations particulières. Nous ne pensons pas qu'il y ait plus de deux ou trois degrés d'er-

reur sur les températures, même dans le terme le plus élevé; et avec le système des mesures de sûreté adopté dans l'Ordonnance, il ne peut en résulter aucun inconvénient.

Le tableau ci-joint ne s'étend que jusqu'à huit atmosphères. Il serait absolument impossible d'aller au-delà sans faire de nouvelles observations. Nous avons demandé à M. le directeur de l'Agriculture et du Commerce l'autorisation nécessaire pour faire construire les appareils propres à ce genre de détermination. Sa réponse ne nous est point encore parvenue.

La recherche des proportions des alliages fusibles aux températures convenables pour tous les degrés de pression compris dans le tableau ci-annexé, n'aurait pas présenté d'aussi grandes difficultés ni exigé un laps de temps très-considérable; mais la Commission a pensé que la connaissance de ces proportions ne serait pas d'une grande utilité pour l'Administration. Ces alliages seront formés de trois métaux au moins; et quand on aura déterminé les proportions nécessaires pour obtenir tel degré de fusibilité, si les matériaux employés dans un autre temps ou dans un autre endroit ne sont pas toujours au même degré de pureté, il pourra en résulter des erreurs d'une grande conséquence. La Commission croit que le seul moyen praticable pour l'Administration serait de confier la fabrication des plaques fusibles à une manufacture dirigée par un homme versé tout à la fois dans la connaissance de la chimie et de la physique, et qui présenterait, par ces connaissances mêmes, une garantie de l'exactitude de ses opérations.

En supposant que l'on se procure, d'une manière quelconque, des plaques fusibles aux températures convenables, il reste encore plusieurs questions à examiner. Comment ces plaques seront-elles disposées? Il serait sans doute préférable de les assujettir à l'extrémité d'un tuyau qui plongerait dans la chaudière, parce que la température qu'elles prendraient serait la même dans toute leur épaisseur, et que cette température approcherait davantage de celle de la vapeur; mais l'inspec-

tion des plaques, la vérification des timbres qu'elles devront porter ne seraient plus possibles sans interrompre le jeu de la machine : ce qui serait un grand inconvénient. On sera donc forcé de les mettre sur la paroi supérieure de la chaudière. Il reste encore à déterminer leur diamètre et leur épaisseur. Il est indispensable que l'ouverture de la chaudière bouchée par la rondelle fusible soit assez grande pour offrir une issue facile à la vapeur ; mais il faut aussi que la plaque fusible puisse supporter, sans se rompre, la pression intérieure. L'épaisseur des rondelles devra donc augmenter avec la tension de la vapeur. Malheureusement aucune théorie ne peut donner la mesure exacte de toutes ces conditions ; et rien ne peut dispenser ici de recourir aux expériences directes.

Il est à regretter que toutes ces difficultés n'aient pas été levées avant la promulgation de l'Ordonnance. Pour les soumettre à un examen raisonné, il ne faudrait pas moins de deux ou trois mois. Si le Gouvernement juge à propos de charger l'Académie de ce travail, nous nous y livrerons avec tout le zèle que commande son urgence.

Nous avons fait remarquer plus haut que les mesures de sûreté mentionnées dans l'Ordonnance ne sont applicables qu'aux machines dans lesquelles on se propose d'employer la vapeur sous une pression supérieure à deux atmosphères ; mais, dans une machine construite pour travailler sous une pression équivalente ou inférieure à deux atmosphères, rien ne s'oppose à ce que l'on communique à la vapeur une élasticité plus grande. Ces machines, exemptes de tout contrôle, seraient donc susceptibles d'éprouver les accidens que l'Ordonnance a pour but de prévenir. C'est une observation qui n'a point échappé à M. le Préfet de Police, et que ce magistrat a soumise à S. E. le Ministre de l'Intérieur dans une lettre qui fait partie des pièces remises à la Commission. Il nous paraît, en effet, que, pour ne pas rendre illusoires les précautions que le Gouvernement a résolu de prendre contre les accidens qui peuvent résul-

ter de l'emploi de la vapeur comme force motrice, il faudrait que toutes les machines à feu, dites *à basse pression,* fussent munies de la soupape de sûreté et des rondelles fusibles. Le mur d'enceinte dont il est parlé dans l'Ordonnance, et l'isolement des habitations ne sont pas nécessaires ici, puisque l'application des deux autres moyens deviendra un sûr garant que la machine ne travaillera jamais sous une haute pression. Nous ajouterons même, en terminant, que l'enceinte et l'isolement exigés par l'Ordonnance nous paraissent une précaution exagérée quand il s'agit d'une machine à haute pression, mais équivalente à un petit nombre de chevaux. Il aurait été peut-être plus convenable de proportionner les dimensions de l'enceinte à la force des machines. Cette opinion avait déjà été émise dans le premier rapport fait au Gouvernement; et nous croyons devoir la rappeler ici, parce que nous sommes convaincus qu'en y ayant égard, la sûreté publique ne serait point compromise, et que l'industrie se trouverait débarrassée d'une entrave qui peut nuire à son développement.

Telles sont les réflexions par lesquelles nous proposons de répondre aux questions adressées à l'Académie par M. le directeur de l'Agriculture et du Commerce.

En résumé, la Commission propose, 1°. d'adresser au Gouvernement le tableau provisoire ci-annexé, pour servir de base à la fixation des degrés de fusibilité que devront posséder les rondelles métalliques selon la pression pour laquelle chaque machine aura été construite.

2°. Elle croit qu'un moyen de prévenir le plus grand nombre des accidens que peut occasioner l'emploi de la vapeur comme force motrice, serait d'obliger les constructeurs de machines à feu d'adapter aux chaudières des machines destinées à travailler sous de basses pressions, une soupape de sûreté grillée et une rondelle métallique fusible à 20° au-dessus de la température correspondante à la pression sous laquelle la machine devra travailler.

3°. Enfin, elle rappelle le vœu déjà contenu dans le

premier rapport sur le même sujet, que les dimensions du mur d'enceinte dont les machines à haute pression doivent être entourées, ainsi que leur distance des habitations voisines, soient réduites lorsque la force de ces machines n'excédera pas celle de six chevaux.

TABLE *des Forces élastiques de la vapeur d'eau à diverses températures.*

ÉLASTICITÉ de la vapeur, en prenant la pression de l'atmosphère pour unité.	HAUTEUR de la colonne de mercure qui mesure l'élasticité de la vapeur.	TEMPÉRATURE correspondante sur le thermomètre centigrade.	PRESSION exercée par la vapeur sur un centimètre carré de la soupape.
			kilogr.
1	0,76	100°	1,033
1 ½	1,14	112,2	1,549
2	1,52	122	2,066
2 ½	1,90	129	2,582
3	2,28	135	3,099
3 ½	2,66	140,7	3,615
4	3,04	145,2	4,132
4 ½	3,42	150	4,648
5	3,80	154	5,165
5 ½	4,18	158	5,681
6	4,56	161,5	6,198
6 ½	4,94	164,7	6,714
7	5,32	168	7,231
7 ½	5,70	170,7	7,747
8	6,08	173	8,264

N. B. Les températures correspondantes aux pressions plus fortes que quatre atmosphères ne présentent pas le même degré de certitude que les précédentes.

De *la Semi-Décussation des nerfs optiques.*

Par W. Hyde Wollaston.

(Traduit des *Trans. philos.*, première partie, 1824.)

Quand on songe à l'étonnante subtilité du milieu qui nous fait apercevoir les objets situés aux plus *immesurables* distances; quand on réfléchit sur la délicatesse de l'organe dont la structure générale a pour effet de réunir les rayons de lumière, et qui, à l'aide d'une belle combinaison de ses diverses parties, concentre la force de ces rayons sur les parties sensibles de la rétine, on n'est point surpris que de si grands talens se soient consacrés à la recherche des curieuses propriétés de l'un, et que la composition de l'autre ait été examinée avec tant d'assiduité.

La subtilité que les anatomistes ont apportée dans leurs recherches, pour découvrir les plus petites parties qui avaient échappé à leurs prédécesseurs, montre qu'une addition quelconque à la masse de nos connaissances sur cette question sera agréable à une portion des membres de la Société royale, et pourra même, jusqu'à un certain point, exciter l'intérêt des autres.

Mon objet, dans cet écrit, n'est point d'examiner le *premier* effet de la cornée pour rendre les rayons convergens, ni la faculté dont jouit le cristallin d'amener *définitivement* ces rayons dans un foyer sur la rétine. Je n'ai pas l'intention de rechercher si l'œil s'adapte à la vision des objets diversement éloignés, par une altération de la *forme* de la lentille, provenant de sa structure musculaire, ou par son *déplacement* que d'autres muscles occasioneraient. Je ne veux pas non plus considérer ici les mouvemens *involontaires* de l'iris qui sont dépendans de la quantité de lumière dont l'œil est frappé, ni la contraction *volontaire* à l'aide de laquelle l'ouverture de la pupille se modifie pour procurer la vision distincte à diverses distances, en atténuant ce

qu'en optique on appelle l'*aberration de sphéricité des lentilles.*

Le sujet de mes recherches est relatif seulement à la voie par laquelle l'impression d'images parfaitement formées est transmise au sensorium, et à la structure et distribution des nerfs optiques dont cette transmission dépend.

Je ne prétends pas avoir, comme anatomiste, une dextérité manuelle suffisante pour découvrir la conformation délicate des nerfs optiques : cependant j'ai été conduit, par l'observation fortuite de quelques accidens de vision, à des conclusions relatives à la texture de cette portion qu'on appelle *la décussation des nerfs optiques*, que je crois pouvoir présenter avec assurance.

Tout le monde saît que, dans le cerveau humain, les nerfs optiques, à peu de distance de leur origine dans les *thalami nervorum opticorum,* se réunissent et paraissent complètement incorporés l'un avec l'autre; et que de ce point de réunion partent deux nerfs, dont l'un aboutit à l'œil droit et l'autre à l'œil gauche.

On a appelé du nom de *décussation* cette portion commune, dans l'idée que les fibres, quoique mêlées, se prolongent dans les directions primitives, en sorte que toutes celles qui ont leur origine à droite aboutissent à l'œil gauche et réciproquement.

Les anatomistes ont été confirmés dans cette opinion par l'examen de plusieurs animaux, et spécialement par celui de diverses espèces de poissons dans lesquels ils ont distinctement vu que les nerfs se croisent comme une paire de cordes séparées et ne se touchent qu'en un point, sans qu'il y ait aucun mélange des fibres.

Dans ces cas, on ne peut contester que l'œil droit de l'animal ne reçoive son nerf optique du côté gauche du cerveau et réciproquement; mais on n'a point le droit de supposer que la même chose a lieu chez les animaux où une séparation complète des nerfs entiers ne s'observe pas.

Je pense, au contraire, d'après une espèce singulière de cécité que j'ai éprouvée, qu'il y a chez l'homme une distribution des nerfs entièrement différente; et je crois même que mon opinion à ce sujet est fortifiée par la structure toute particulière qu'offrent les poissons.

Il y a maintenant plus de vingt ans que j'éprouvai cet état particulier de la vision dont je veux parler, à la suite d'un violent exercice de deux ou trois heures. Je reconnus soudainement que je ne pouvais voir que la moitié de la figure d'un homme qui se trouva sur mon chemin; le même effet avait lieu, quel que fût l'objet que je regardasse. Ayant essayé de lire le nom JOHNSON sur une porte, je voyais seulement .... SON : le commencement du mot était totalement caché à mes regards. La perte de la vue, dans cet exemple particulier, avait eu lieu à gauche, soit que je regardasse avec l'un ou avec l'autre œil. Cette cécité n'était pas néanmoins tout-à-fait complète; mais les objets paraissaient couverts d'une ombre intense et sans limites bien définies. La maladie dura peu de temps : en un quart d'heure elle s'était entièrement dissipée. La sensibilité revint graduellement en partant du centre, et en s'avançant obliquement vers la gauche en montant.

Cet effet provenant de la fatigue, comme tant d'autres affections nerveuses, je n'eus alors aucune raison de craindre qu'il se renouvelât; je n'en tirai aucune conséquence utile et je ne fis aucun remède.

Mais il y a maintenant quinze mois, environ, qu'une semblable affection se développa chez moi, sans qu'il m'ait été possible d'en assigner la cause, ou de la rattacher à quelque indisposition passée ou future. Je m'en aperçus aussi en regardant la figure d'une personne que je rencontrai, et dont je ne voyais pas l'œil gauche. Ma cécité, dans ce dernier cas, était l'inverse de la première, puisque c'était *à ma droite* (et non pas à ma gauche) du point vers lequel je dirigeais la vue que les objets étaient invisibles : je n'ai donc aucune raison d'admettre quelque relation entre cette affection et la précédente.

Le nouveau *punctum cœcum* était semblablement situé dans les deux yeux et à environ trois degrés du centre ; car si les objets se trouvaient à la distance de cinq yards, le point invisible était à environ dix pouces de celui sur lequel je dirigeais la vue.

L'affection, après avoir duré sans altération sensible pendant vingt minutes, se dissipa subitement par l'émotion que j'éprouvai en apprenant l'heureuse arrivée d'un ami qui s'était jeté dans une entreprise très-hasardeuse.

En réfléchissant sur ces phénomènes, j'ai songé à un certain arrangement des nerfs optiques, contraire, il est vrai, à l'opinion généralement reçue sur leur décussation, mais qui paraît conduire à une interprétation très-naturelle des faits.

Puisque les points correspondans des deux yeux sont simultanément malades, cette sympathie doit provenir de la constitution même de ces organes, et non pas, comme on aurait pu le croire si on avait dû se décider d'après le seul examen de la vision ordinaire, de la simple habitude de sentir en même temps. Deux points correspondans doivent recevoir des filamens partant du même nerf, et le siége de toute maladie dans laquelle des parties semblables des *deux* yeux sont affectées, sera situé à une certaine distance, sur le nerf d'où ces filets proviennent avant leur séparation, et probablement dans l'un ou l'autre *thalamus nervorum opticorum*.

Il serait évident, d'après cela, que la corde qui vient finalement à l'un et à l'autre œil, sous le nom de *nerf optique*, devrait être regardée comme formée de deux portions, dont l'une émanerait du *thalamus* de droite et l'autre du *thalamus* de gauche.

D'après cette hypothèse, la décussation n'aurait lieu qu'entre les moitiés contiguës des deux nerfs. Une portion de nerf provenant du *thalamus* de droite irait à l'œil droit et parviendrait ainsi directement à sa destination sans interférence. De la même manière, le *tha-*

lamus opposé enverrait des filets nerveux à la partie de gauche de l'œil gauche; tandis que les moitiés restantes des deux nerfs, en se rendant aux yeux situés des côtés opposés, devraient se croiser avec ou sans mélange de leurs fibres.

Si nous étudions maintenant, comme il convient, les faits que l'anatomie comparée a signalés dans les poissons, nous trouverons que le croisement des nerfs entiers et leur passage aux yeux opposés n'a rien de contraire aux vues précédentes sur l'arrangement des nerfs optiques chez l'homme. Les yeux dans l'esturgeon, par exemple, sont si diamétralement opposés sur les deux côtés de la tête, qu'ils peuvent difficilement regarder le même objet; ils ne renferment donc pas des parties destinées à recevoir généralement les mêmes impressions comme chez nous; il n'y a pas là des points qui aient besoin de recevoir des fibres partant des mêmes nerfs. L'œil qui regarde à gauche a sa rétine exclusivement alimentée (si cette expression est permise) par des filets venant du *thalamus* de droite, pendant que le *thalamus* de gauche envoie la totalité de ses fibres à l'œil de droite pour la perception des objets situés de ce même côté. Dans cet animal, une lésion dans le *thalamus* de gauche doit produire une cécité complète de l'œil droit seulement. Chez nous, une lésion semblable dans le *thalamus* gauche serait suivie, ainsi que nous l'avons déjà dit, de la disparition des objets situés à notre droite, à cause de l'insensibilité de la moitié gauche des deux rétines.

Ce raisonnement est entièrement confirmé par ce qu'a éprouvé un de mes amis. Après avoir souffert, pendant plusieurs jours, d'une douleur aiguë dans la tête, près de la tempe gauche et vers le derrière de l'œil, sa vue se trouva considérablement gâtée : d'autres symptômes indiquaient une légère compression sur le cerveau.

Ce ne fut qu'après trois ou quatre semaines que je le vis, et je découvris, sans parler de plusieurs autres affections qu'il serait inutile d'énumérer, qu'il avait un défaut dans la vision semblable à celui qui m'était arrivé à moi-même; ce défaut était plus étendu, et malheu-

reusement il a été plus permanent : au moment où la maladie se déclara, comme à présent, les points invisibles étaient situés à gauche du centre de la vision. Le champ est assez étendu pour que mon ami puisse lire parfaitement ; il voit ce qu'il écrit, la plume qu'il emploie, mais non pas la main qui la conduit. Cette affection, autant qu'on peut en juger, est la même dans les deux yeux, et consiste dans l'insensibilité de la rétine à gauche de chaque œil. Il est très-probable qu'un épanchement eut lieu à l'instant où se manifestèrent les douleurs sur le côté gauche de la tête, et qu'il a laissé une compression permanente sur le *thalamus* de gauche. Cette cécité partielle s'est maintenue trop long-temps sans aucune amélioration sensible, pour qu'il ne soit pas douteux que mon ami puisse jamais recouvrer la perception complète des objets situés à sa gauche.

En récapitulant les phénomènes que j'ai décrits, nous trouvons que la cécité partielle se manifeste à la fois dans les deux yeux. Cette simultanéité dans la maladie s'explique très-simplement d'après la supposition que les parties qui sympathisent reçoivent leurs nerfs d'une source unique, pendant que les deux autres moitiés saines des yeux reçoivent des nerfs d'une source différente. De là découle immédiatement la conséquence que, dans la vision ordinaire aussi, la sympathie des parties correspondantes qui reçoivent des impressions analogues du même objet est dépendante de cette disposition des nerfs que la maladie nous a fait reconnaître.

Nous découvrons dans l'esturgeon, comme dans quelques autres poissons dont les deux yeux peuvent à peine voir le même objet à la fois, et qui, dès-lors, n'ont pas des points correspondans sympathisant d'habitude, que les deux yeux ne reçoivent pas des fibres de la même source, et qu'à chacun aboutit un nerf venant en totalité du côté opposé du cerveau.

Cette structure des yeux des poissons nous apprend clairement que la vision des objets situés d'un certain côté, dépend de nerfs provenant du côté opposé du cerveau : or, dans le dernier cas de vision malade que j'ai

rapporté, nous trouvons qu'une lésion apparente dans une des parties du cerveau fut suivie de cécité vers le côté opposé relativement au point qu'on regardait directement. L'harmonie de tous ces phénomènes paraît clairement établir la vérité de la distribution des nerfs que j'ai essayé de décrire, et qui peut être appelée *la semi-décussation des nerfs optiques.*

De la Vision simple avec les deux yeux.

L'esprit ne reçoit en général qu'une impression unique, quoique deux images se produisent au même moment sur les parties correspondantes des deux yeux. Tant qu'il ne s'agit que de la vision saine, on peut admettre l'explication qu'on a donnée de ce phénomène, et l'attribuer à la sympathie habituelle des parties, sans rechercher de plus près ni l'origine de cette sympathie, ni pourquoi, dans l'enfance, les yeux prennent plutôt de certaines directions correspondantes que celles du strabisme.

Mais quand nous considérons la sympathie comme provenant de la structure même des organes et de la connexion des fibres nerveuses, nous voyons clairement l'origine de cette habitude et la cause pour laquelle les enfans commencent à donner à leurs yeux des directions correspondantes. Nous faisons ainsi un pas de plus vers la solution complète de la question depuis si long-temps débattue de la vision simple avec les deux yeux, si même ce n'en est pas l'explication complète.

Quelques personnes s'étonneront, peut-être, que trois exemples d'une maladie très-rare aient été vus par un seul individu; mais je crois, au contraire, que cette demi-cécité est beaucoup plus commune qu'on ne l'imagine. Il semble, il est vrai, surprenant qu'elle ait échappé à l'attention des observateurs (1); mais ne sait-on pas combien

(1) Richter a inséré un chapitre sur la demi-cécité dans le 3me vol. de ses *Elémens de Chirurgie ;* une partie est relative à ce qu'il appelle *amaurosis dimidiata.* Dans l'un des

de faits on laisse de côté, seulement parce qu'on en ignore l'explication? Moi-même, pendant un long intervalle, je n'ai pas aperçu la conséquence qui se déduit de cette affection des yeux; et si elle ne s'était pas renouvelée, je n'en aurais jamais recherché la cause.

Depuis que ce Mémoire est rédigé, j'ai eu connaissance de deux nouveaux exemples de cette maladie. Un de mes amis y a été sujet depuis seize ou dix-sept ans, toutes les fois que son estomac s'est trouvé considérablement dérangé. Chez lui, la cécité se manifeste toujours à droite du centre de la vision, et, faute d'un examen assez attentif, il l'avait considérée comme provenant d'une insensibilité momentanée de l'œil droit; mais il a maintenant acquis la conviction que cette explication est erronée, et que les deux yeux étaient semblablement affectés d'une demi-cécité. Les symptômes d'indigestion, quand ils cessaient après un quart d'heure ou vingt minutes, ne laissaient aucune imperfection permanente dans la vision.

Je n'ai point vu le sujet du cinquième cas; mais j'ai appris que la maladie est revenue à plusieurs reprises; qu'elle a toujours duré une vingtaine de minutes environ, et que, généralement, elle a été accompagnée de forts maux de tête.

Note du Rédacteur. L'affection décrite par M. Wollaston est assez commune. Je connais quatre personnes qui y sont sujettes, et j'en ai moi-même éprouvé trois atteintes depuis un mois. La première et la seconde fois, je ne voyais pas les objets situés à droite de l'axe de la vision; la troisième fois, le 27 septembre 1824, les objets à droite étaient, au contraire, les seuls que j'apercevais. Ayant, par exemple, dirigé mes regards sur le jambage de droite de *l'*M du mot BAROMÈTRE écrit en grosses lettres au-dessus d'un instrument, je voyais parfaitement ce trait et les lettres suivantes ÈTRE; mais je n'apercevais aucunement ni le premier

---

exemples rapportés, la maladie était analogue à celle que j'ai éprouvée moi-même; mais Richter n'a pas signalé l'affection correspondante des deux yeux ni traité de leur sympathie.

jambage de cette même lettre M ni BARO. Quel que fût celui des yeux dont je me servisse, le phénomène avait également lieu. Un mal de tête, qui avait son siége à droite au-dessus de l'œil, se manifesta, après une vingtaine de minutes, quand cette demi-cécité eut cessé.

Je dois dire ici qu'alors même que la disparition d'une moitié des objets était totale dans le voisinage de l'axe de la vision, il m'a *semblé* quelquefois entrevoir de légères traces de points placés relativement à mon œil, plus obliquement que ceux qui échappaient ainsi à mes regards.

Puisqu'une moitié de la rétine peut être momentanément privée de sensibilité, on doit s'attendre que, dans certaines affections du cerveau, le même organe, sans offrir entre ses diverses parties des différences aussi tranchées, ne sera pas, néanmoins, également propre dans toute son étendue, à percevoir de faibles impressions lumineuses. Les observations m'ont prouvé depuis long-temps que ceci n'est point une simple hypothèse. Voici, par exemple, ce que je trouve dans un de mes regîtres, à la date du 13 février 1822:

« Ce satellite (de Saturne) était extrêmement faible dans » notre lunette de 4 pouces d'ouverture; je l'apercevais à » peine et seulement pendant des instans très-courts quand » je portais mes regards avec l'attention la plus soutenue » sur l'endroit où il était; mais si ma vue s'arrêtait sur le » bord de l'anneau le plus éloigné du satellite, celui-ci se » voyait aussitôt très-distinctement.

» Un autre satellite (celui qui dans la figure est marqué E) » ne s'apercevait qu'avec la lunette de 7 pouces et demi » d'ouverture; mais alors même, pour le découvrir, j'étais » obligé de diriger mon axe visuel, non pas sur le satellite » lui-même, mais sur le bord de l'anneau.

» Ces observations, dans lesquelles je ne parvenais à dé- » couvrir des objets extrêmement faibles qu'en ne les regar- » dant pas directement, prouvent, je crois, que toutes les » parties de la rétine n'étaient pas alors douées du même » degré de sensibilité : peut-être cette remarque méritera- » t-elle de fixer l'attention des astronomes. »

EXTRAIT *d'une Lettre de M.* HOUTOU-LABILLARDIÈRE, *professeur de chimie à Rouen.*

ON a découvert, à Lille-Bonne, près de l'endroit où se trouvait la grande statue de cuivre doré, deux petites statues du même métal, mais non dorées : elles sont parfaitement conservées et à l'état métallique, tandis que la première, comme on a vu (*Ann.*, tome XXVI, page 107), était altérée. Ce fait vient à l'appui de l'explication que j'ai donnée de l'oxidation de la grande statue, et montre que les propriétés électriques résultantes du contact de l'or et du cuivre ont dû jouer un grand rôle dans ce phénomène.

DE L'ÉLECTRICITÉ *produite pendant la congélation de l'eau.*

M. GROTHUS a, dit-on, reconnu que si l'on fait congeler de l'eau très-rapidement dans une bouteille de Leyde, dont l'armure extérieure ne soit pas isolée, il en résulte une faible charge électrique : le dedans de la bouteille est positif et l'extérieur négatif. En faisant fondre rapidement la glace, on observe des effets inverses : l'armure extérieure de l'instrument est alors électrisée positivement et l'intérieure négativement.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm, extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	757,90	+26,0	75	757,87	+29,3	63	757,61	+28,8	58	757,95	+21,5	88	+29,3	+16,3	Petits nuages.	N. E.
2	758,15	+23,9	78	757,36	+28,8	64	756,77	+28,4	62	756,75	+23,5	80	+28,6	+16,8	Légères vapeurs.	N. E.
3	757,82	+24,6	84	757,57	+27,6	72	756,71	+28,3	64	755,69	+21,0	88	+28,3	+20,5	Nuageux.	S. E.
4	756,62	+21,9	89	756,39	+22,8	88	755,45	+23,9	84	754,89	+18,5	99	+23,9	+18,5	Couvert.	S. O.
5	753,29	+17,8	93	753,06	+21,3	78	751,95	+22,5	74	751,79	+17,3	96	+22,5	+16,3	Nuageux.	N. O.
6	751,11	+20,0	90	749,99	+21,8	84	748,68	+22,8	85	748,65	+17,4	99	+22,8	+13,0	Couvert.	S.
7	749,39	+18,8	95	748,99	+22,5	85	748,07	+22,3	86	747,54	+18,5	99	+22.5	+15,5	Couvert.	S.
8	747,09	+19,6	87	747,95	+20,5	62	748,83	+20,5	66	750,38	+13,5	99	+20,8	+13,5	Nuageux.	S. S. O.
9	752,52	+17,0	90	752,30	+20,3	74	751,82	+21,0	68	752,56	+14,2	92	+21,0	+ 9,3	Nuageux.	S.
10	755,38	+18,2	88	755,38	+18,5	83	754,61	+20,5	74	753,91	+16,0	94	+20,5	+10,5	Nuageux.	S.
11	754,54	+17,5	91	754,97	+20,8	73	755,40	+21,5	69	756,06	+15,8	96	+21,5	+14,5	Quelques éclaircies.	S. O.
12	755,28	+16,1	95	754,99	+17,8	96	754,33	+17,5	94	756,33	+14,3	99	+17,8	+13,0	Pluie abondante.	S.
13	762,20	+18,8	90	762,31	+21,3	66	762,39	+21,0	70	762,76	+13,7	92	+21,3	+11,8	Couvert.	S. O.
14	762,50	+17,5	90	761,71	+20,8	79	761,12	+21,3	70	761,21	+15,8	92	+21,3	+10,0	Légers nuages.	S. S. E.
15	761,52	+19,5	86	761,49	+23,0	76	761,08	+24,5	63	761,27	+18,6	95	+24,5	+12,3	Légers nuages.	E. S. E.
16	762,90	+20,1	91	762,61	+24,5	73	762,08	+25,0	71	762,17	+19,0	92	+25,4	+14,7	Beau ciel.	S. E.
17	761,80	+20,8	91	761,28	+24,1	78	760,24	+25,0	64	759,78	+17,9	95	+25,0	+13,0	Beau ciel.	N. E.
18	758,91	+20,0	89	758,33	+23,7	75	757,36	+24,4	69	756,82	+17,5	99	+24,5	+13,1	Beau ciel.	E. S. E.
19	757,07	+16,8	99	756,84	+19,8	91	756,12	+20,8	87	756,00	+16,9	99	+21,0	+15,0	Couvert.	O. N. O.
20	755,11	+18,2	98	755,09	+19,3	96	754,49	+18,9	98	754,05	+14,2	99	+19,3	+14,2	Couvert.	S. O.
21	755,68	+15,9	86	755,67	+18,3	72	755,66	+17,5	68	756,40	+15,0	95	+18,3	+13,1	Très-nuageux.	O. N. O.
22	758,34	+14,5	94	758,39	+17,3	81	758,05	+17,5	74	757,77	+12,3	94	+17,5	+11,0	Nuageux.	O.
23	756,13	+13,8	99	756,02	+18,4	91	755,54	+19,0	82	757,26	+12,8	99	+19,0	+10,9	Couvert	O.
24	758,29	+15,3	86	758,07	+19,1	86	757,41	+17,8	90	757,50	+12,3	99	+19,0	+11,4	Couvert.	S. O.
25	756,55	+14 5	99	755,60	+17,3	87	754,78	+14,4	99	753,61	+13,2	98	+17,3	+12,0	Pluie fine.	N.
26	755,85	+10,8	79	756,46	+12,3	69	756,77	+11,5	62	756,56	+ 6,0	89	+12,5	+ 6,0	Très-nuageux.	N. N. O. fort.
27	752,48	+13,3	79	749,98	+ 8,9	93	747,89	+11,3	90	749,63	+ 8,0	99	+11,3	+ 5,8	Pluie abondante.	S.
28	753,65	+11,1	87	754,74	+12,8	74	755,15	+14,0	62	756,42	+ 7,0	82	+14,0	+ 6,3	Nuageux.	O.
29	756,09	+10,8	84	756,12	+14,6	89	755,01	+17,5	82	754,58	+13,3	99	+17,5	+ 4,8	Nuageux.	E.
30	751,72	+16,9	90	749,82	+20,3	80	748,08	+21,5	76	746,36	+16,3	91	+21,5	+11,0	Nuageux.	S. E.
1	753,93	+20,8	87	753,69	+23,3	75	753,05	+23,9	72	753,01	+18,1	93	+24,0	+14,0	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	759,18	+18,5	92	758,93	+21,5	80	758,46	+22,0	76	758,64	+16,4	96	+22,2	+13,2	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 7,100
3	755,48	+13,7	88	755,09	+15,9	82	754,43	+16,2	79	754,61	+11,6	95	+16,8	+ 9,2	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 6,580
	756,20	+17,7	89	755,90	+20,3	79	755,31	+20,7	75	755,42	+15,4	95	+21,0	+12,1	Moyennes du mois, +16°,5.	

ANALYSE *de l'eau du Rio Vinagre, dans les Andes de Popayan, par M.* Mariano de Rivero, *avec des éclaircissemens géognostiques et physiques sur quelques phénomènes que présentent le soufre, l'hydrogène sulfuré et l'eau dans les volcans.*

PAR Mr A. DE HUMBOLDT.

Extrait d'une Lettre en date du 8 *octobre* 1823 :

« CONFORMÉMENT au desir de M. de Humboldt, je me suis procuré l'eau du Rio Vinagre. Elle m'a été envoyée par M. Torrès, qui s'intéresse à tout ce qui peut contribuer aux recherches scientifiques. Cette eau m'a donné par litre : acide sulfurique, 1,080; acide muriatique, 0,184; alumine, 0,240; chaux, 0,160, et quelques indices de fer (1). La présence de l'acide muriatique confirme les observations faites sur les vapeurs et les productions lithoïdes du Vésuve et de plusieurs autres volcans. »

RIVERO.

J'avais annoncé, au moment de mon retour d'Amérique, la présence des acides sulfurique et muriatique

(1) Il ne peut être douteux que les indications sont par grammes et fractions de grammes : un litre d'eau du Rio Vinagre renferme 1gr.,080 d'acide sulfurique et 0gr.,184 d'acide muriatique. Cette proportion d'acide sulfurique est encore très-sensible au goût, et se manifeste par d'abondans précipités avec les sels de baryte. G.-L.

dans l'eau du *Vinagre*, que les indigènes appellent *Pusambio*. (Voyez *Vues des Cordillères et Monumens des peuples de l'Amérique*, vol. II, p. 166; *Nivellement barométrique des Andes*, n° 126; *Caldas*, *Samanario del Nuevo Reyno de Granada*, t. I, p. 265); mais dépourvu de sels de baryte, j'avais engagé MM. Rivero et Boussingault, lors de leur départ pour Bogota, à vérifier ces faits. L'analyse que nous devons à un de ces habiles chimistes est la première qui ait été tentée sur l'eau du Rio Vinagre. Je vais extraire de mon Journal de Voyages, en grande partie encore inédit, quelques éclaircissemens sur les circonstances locales.

La ville de Popayan est située dans la belle vallée du Rio Cauca, sur le chemin de Bogota à Quito, au pied des deux grands volcans de Puracé et de Sotarà. Ces volcans, presque éteints, et n'offrant que les phénomènes des solfatares, font partie du chaînon central des Andes de la Nouvelle-Grenade. Par les 1° 55′ et 2° 20′ de latitude boréale, le *nœud des montagnes* qui renferme les sources du Magdalena se divise en trois rameaux, dont l'*oriental* se prolonge vers Timanà et les Nevados de Chita et de Merida; l'*intermédiaire* et central vers les Paramos de Guanacas et de Quindiù; l'*occidental* vers le terrain platinifère du Choco et l'isthme de Panama. En montant de la ville de Popayan à la cime du volcan de Puracé, nous avons trouvé, M. Bonpland et moi, à 1356 toises de hauteur, une petite plaine (*Llano del Corazon*), habitée par de pauvres Indiens cultivateurs. Ce plateau est séparé du reste du contre-fort par deux ravins extrêmement profonds : c'est aux bords de ces précipices qu'est construit le village de Puracé. Des

sources jaillissent partout du roc trachytique ; chaque jardin est entouré d'une haie vive d'euphorbes (*lechero*), à feuilles minces et du vert le plus tendre. Cette belle verdure contraste d'une manière frappante avec le rideau de montagnes noires et arides qui entourent le volcan, et qui sont déchirées par l'effet des tremblemens de terre.

Le site du village est célèbre dans le pays à cause de trois belles cascades (*choreras*) de la rivière de Pusambio, dont l'eau est acide, et que le peuple, qui ne connaît d'autre acide que le vinaigre, appelle *Rio Vinagre,* quelquefois *Gran Vinagre.* Cette rivière prend naissance à-peu-près à 1700 toises de hauteur, dans un endroit très inaccessible. Quoique la température de l'eau soit peu différente, dans les cascades inférieures, de celle de l'atmosphère ambiante, il n'en est pas moins certain que les sources du Rio Pusambio ou Vinagre sont très-chaudes. Ce fait m'a été attesté par les indigènes et par le missionnaire du village de Puracé. En allant à la cime du volcan, j'ai vu une colonne de fumée s'élever à l'endroit où les eaux acides viennent au jour. J'ai dessiné la seconde des chutes du Vinagre (planche xxx des *Vues des Cordillères*); l'eau qui s'ouvre un chemin à travers une caverne se précipite à plus de 60 toises de profondeur. La chute est d'un effet très-pittoresque; mais les habitans de Popayan desireraient que la rivière, au lieu de se jeter dans le Rio Cauca, s'engouffrât dans quelque crevasse ; car telle est la délicatesse de constitution des animaux qui respirent par des branchies, et qui absorbent l'oxigène dissous dans l'eau, que le Cauca, pendant un cours de quatre lieues, est dépourvu de poissons, à

cause du mélange de ses eaux avec celles du Rio Vinagre (1), qui sont chargées à la fois d'oxide de fer et d'acides sulfurique et muriatique. Lorsqu'on reste longtemps sur le mur de rocher taillé à pic qui avoisine la cascade, on sent un picotement dans les yeux à cause des gouttelettes dispersées et suspendues dans l'atmosphère. Les poissons reparaissent dans le Rio Cauca, là où il s'agrandit par les deux affluens du Pindamon et du Palacé (2).

Un peu au nord des sources du Pusambio, naissent deux autres ruisseaux également chargés d'acide sulfurique libre, que le peuple appelle *les Petits-Vinaigres* (*los dos Vinagres chicos*) : ils se jettent dans le Rio de San Francisco, qui lui-même n'est qu'un affluent du *Gran Vinagre*. Pendant mon séjour à Popayan, c'était une opinion généralement reçue que toutes ces eaux acides contenaient du fer dissous par une grande quantité d'acide carbonique. En se rappelant seulement que les sources du Vinagre sont très-chaudes, on aurait dû abandonner cette opinion. Je fis bouillir des eaux puisées à la cascade, et je trouvai, après l'ébullition, le même goût acide et les mêmes précipités que dans l'eau non bouillie. Il me restait, à cette époque,

---

(1) M. Caldas a même attribué à ce mélange, avec bien peu de raison sans doute, l'absence des goîtres dans la vallée du Rio Cauca. *Semanario*, t. 1, p. 265. *Voyez* mon *Mémoire sur les Goîtres dans les Cordillères* (Magendie, *Journ. de Physiol.*, t. IV, p. 109).

(2) *Journal de Physique*, t. LXII, p. 61.

très-peu de réactifs. Le nitrate d'argent (1) donnait un précipité blanc et laiteux, indiquant la présence de muriates. Celle du fer s'annonçait par le prussiate de chaux, celle de la chaux par l'oxalate de potasse. En pesant l'eau avec beaucoup de soin dans les ateliers de la Monnaie de Popayan, le poids d'un même volume d'eau du Vinagre a été trouvé au poid de l'eau distillée dans le rapport de 2735 $\frac{1}{2}$ grains à 2731 gr., c'est-à-dire que la pesanteur spécifique de l'eau de la cascade était = 1,0015.

Il ne faut pas confondre les eaux que je décris et dont M. Rivero a donné la première analyse, avec celles des deux *lagunes souterraines* que nous avons trouvées près de la cime du volcan, l'une à 2245 toises de hauteur, l'autre au-dessus des neiges, à 2420 toises. Ce volcan de Puracé est un dôme de trachyte semi-vitreux, gris-bleuâtre et à cassure conchoïde. Il offre, non un grand cratère à son sommet, mais plusieurs petites bouches. Il diffère beaucoup du volcan voisin, le Sotarà, qui est de forme conique, et qui a lancé une immense quantité d'obsidiennes. Ces masses, couvrant les plaines de Julumito, sont des boules ou *larmes* d'obsidienne dont souvent la surface est tuberculeuse. Elles présentent, ce que je n'ai vu nulle part ailleurs dans les deux hémisphères, toutes les nuances de couleur, depuis le noir foncé jusqu'à celle d'un verre artificiel *entièrement incolore*. On peut être surpris de voir que cette décoloration n'ait été

---

(1) La présence simultanée des acides sulfurique et muriatique a été reconnue aussi par M. Vauquelin, dans l'eau que M. Leschenault avait puisée dans le cratère - lac du Mont-Idienne de Java. (*Journal de Physique*, t. LXV, p. 406.)

accompagnée d'aucun boursoufflement. Les obsidiennes de Sotarà sont mêlées de fragmens d'émaux qui ressemblent à la *porcelaine de Réaumur*, et auxquels j'ai trouvé adhérentes des masses de feldspath qui ont résisté à la fusion.

Ici, comme dans les Andes de Quito, comme au Mexique et aux îles Canaries, le système de roches basaltiques reste éloigné des trachytes qui forment les volcans de Puracé et de Sotarà. Les basaltes de la Tetilla de Julumito n'appartiennent qu'à la rive gauche du Cauca : ils sortent au milieu de porphyres de transition dépourvus de pyroxène, renfermant un peu d'amphibole, très-peu de quarz en petits cristaux implantés dans la masse, et un feldspath qui passe du feldspath commun au vitreux. Ce porphyre est recouvert, près de Los Serillos, d'un calcaire gris-noirâtre, traversé de filons de carbonate de chaux, et tellement surchargé de carbone, que, dans quelques parties, il tache les doigts comme un schiste alumineux ou comme les lydiennes (1) de Steeben, dans le Fichtelgebirge. Le dôme trachytique de Puracé,

---

(1) M. Vauquelin a constaté récemment, par une analyse directe, la présence du carbone dans les lydiennes les plus pures. J'avais reconnu, dans une série d'expériences faites sur les excitateurs galvaniques en 1798, que les lydiennes des schistes de transition de Steeben produisaient, conjointement avec le zinc, le même effet que le graphite ou carbure de fer. Je fis dès-lors des essais pour prouver chimiquement la présence du carbone dans plusieurs variétés de lydiennes. *Voyez* mes *Expériences sur la Fibre nerveuse et musculaire* (en allemand), t. II, p. 163.

qui donne naissance à la petite rivière d'acide sulfurique, sort d'une syénite porphyrique (avec feldspath commun), qui, à son tour, est superposée à un granite de transition abondant en mica. Cette observation (1), très-importante pour le gisement des roches volcaniques, peut être faite près de Santa Barbara, en montant de Popayan au village de Puracé. Le volcan, comme la plupart des grands volcans des Andes, présente des couches ou nappes de matières lithoïdes fondues, non de véritables courans de laves. Des fragmens de calcaire grenu, vraisemblablement magnésien, que j'ai trouvés à plus de 2000 toises de hauteur, paraissent avoir été lancés par des crevasses qui se sont refermées depuis. Ils ressemblent à ceux du *Fosso Grande* du Vésuve, qui doivent leur texture grenue au feu volcanique. On ne peut aller à cheval que jusqu'aux cascades du Rio Vinagre. De là, nous mîmes huit heures pour monter à pied à la cime du volcan et pour en redescendre. Le temps était affreux, il tombait de la grêle et de la neige. J'eus beaucoup de peine à enflammer l'amadou à la pointe du conducteur de l'électromètre de Volta; les boules de moelle de sureau s'écartaient de 5 à 6 lignes, et l'électricité passa souvent du positif au négatif sans qu'il n'y eût aucun autre signe d'orage; car les éclairs et le tonnerre sont (d'après mon expérience) en général très-rares lorsqu'on est au-dessus de 2000 ou 2200 toises de hauteur. La grêle

(1) *Voyez*, sur l'ensemble de ces phénomènes des volcans de Popayan, mon *Essai sur le gisement des roches*, 1823, p. 129, 139, 340.

était blanche (1); les grains, de 5 à 7 lignes de diamètre, composés de couches diversement translucides, n'étaient pas seulement très-aplatis vers les poles, mais tellement renflés dans leur zone équatoriale, que des anneaux de glace s'en séparaient au moindre choc. J'avais déjà deux fois observé et décrit ce phénomène dans les montagnes de Bareuth et près de Cracovie, pendant un voyage en Pologne. Peut-on admettre que les couches successives qui s'ajoutent à un noyau central sont dans un état de fluidité assez grand pour que le mouvement de rotation puisse causer l'aplatissement des sphéroïdes ? Lorsque le baromètre indiquait que nous étions parvenus très-près de la limite des neiges perpétuelles, nous vîmes augmenter les masses de soufre disséminées dans des roches trachytiques imparfaitement colonnaires. Ce phénomène me frappa d'autant plus que je savais combien le soufre est rare sur le flanc des volcans enflammés: Une colonne de fumée jaunâtre et un bruit épouvantable nous annonçaient le voisinage d'une des bouches (*bocas*) du volcan. Nous eûmes quelque peine à nous approcher de son bord; la pente de la montagne étant très-rapide et les crevasses n'étant couvertes que par une croûte de soufre dont nous ignorions l'épaisseur. Nous crûmes pouvoir évaluer l'étendue de cette croûte, qui est

---

(1) J'ai déjà rappelé ailleurs, dans ce journal, qu'au Paramo de Guanacas où le chemin de Bogota à Popayan passe à la hauteur de 2300 toises, on a vu tomber, non de la neige, mais de la *grêle rouge*. Renfermait-elle ces mêmes germes d'organisation végétale qui ont été découverts au-delà du cercle polaire ?

souvent interrompue par les rochers, à plus de 12,000 pieds carrés. Ces petites arêtes de rochers trachytiques agissent fortement sur l'aimant. Je tâchai de m'en éloigner autant que possible pour déterminer l'inclinaison de l'aiguille. Elle était à la ville de Popayan (hauteur 911 toises) de 23°,05, division centésimale; au village de Puracé (hauteur 1356 toises) de 21°,81; près du sommet du volcan de Puracé (hauteur 2274 toises) 20°,85 : l'intensité de la force magnétique variait très-peu à Popayan et au village de Puracé, et la diminution de l'inclinaison n'est certainement pas l'effet de la hauteur, comme le prouvent tant d'autres observations que j'ai faites sur le sommet des Andes, mais l'effet d'attractions locales dépendantes de certains centres d'action dans les trachytes.

La bouche du volcan de Puracé est une fente perpendiculaire dont l'ouverture visible n'a que 6 pieds de long et 3 de large. Elle est recouverte en forme de voûte par une couche de soufre très-pur, qui a 18 pouces d'épaisseur, et que la force des vapeurs élastiques a fendillée du côté du nord. A 12 pieds de distance de la bouche, nous sentîmes une chaleur agréable. Le thermomètre centigrade, qui s'était soutenu jusque là à 6°,2 (froid bien peu considérable par un temps de grêle et à 2245 toises de hauteur), s'éleva à 15°. Placés de manière à ne pas être incommodés par les vapeurs, nous eûmes le plaisir de faire sécher nos vêtemens. Le bruit effrayant que l'on entend près de cette ouverture a presque toujours la même intensité : il ne peut être comparé qu'à celui que causeraient plusieurs pompes à feu réunies, au moment où l'on ferait échapper à la fois la vapeur condensée. Nous jetâmes de grosses pierres dans

la crevasse, et nous découvrîmes à cette occasion que l'ouverture communique à un bassin rempli d'eau en ébullition. Les vapeurs qui échappent avec tant de violence sont de l'acide sulfureux, comme l'indique leur odeur suffocante. Nous verrons bientôt que l'eau de la *lagune souterraine* est chargée d'hydrogène sulfuré; mais l'odeur de ce gaz ne se fait pas sentir au sommet du volcan, parce qu'il est masqué par l'odeur beaucoup plus forte des vapeurs d'acide sulfureux. Je n'avais aucun moyen de déterminer la température de ces vapeurs, qui paraissent subir, dans l'intérieur du volcan, une pression prodigieusement forte. Comme les Indiens prétendent que l'ouverture a plusieurs compartimens qui ne sont pas tous remplis d'eau, et que le bruit que l'on entend parfois dans l'intérieur de la crevasse annonce des flammes, j'introduisis, au moyen d'une longue perche, des papiers teints avec la teinture de violette sous la voûte, là où je pouvais être sûr de ne pas toucher la surface de l'eau. En retirant la perche, je trouvai les papiers fortement rougis, mais aucunement enflammés, comme il était facile de le prévoir.

Nous réussîmes, après plusieurs vaines tentatives, à puiser de l'eau dans la crevasse : c'était en liant une *tutuma* (fruit du *Crescentia Cujete*) à une tige de 8 pieds de longueur. L'eau fut de suite versée dans une bouteille hermétiquement bouchée. Nous l'examinâmes à notre retour au village de Puracé : elle exhalait une forte odeur d'hydrogène sulfuré; elle n'avait pas de goût acide, mais de faibles précipités causés par le nitrate d'argent annonçaient la présence de l'acide muriatique. La croûte de soufre qui se forme au-dessus de la bouche naît sans doute

du contact des vapeurs d'acide sulfureux avec l'hydrogène sulfuré que dégage la lagune souterraine. L'eau même de cette lagune est recouverte d'une peau de soufre qui disparut dans les endroits où nous jetâmes les pierres. Il résulte de ces observations que la seule présence de l'acide muriatique ou des combinaisons de cet acide avec des bases salifiables indique une faible analogie entre les eaux du Rio Vinagre et celles des lagunes : les premières, qui naissent beaucoup plus bas, à la pente du volcan de Puracé, sont chargées d'acide sulfurique libre ; les autres, que l'on trouve au sommet du volcan, contiennent de l'hydrogène sulfuré. Comme les bouches supérieures se trouvent à des hauteurs très-différentes au-dessus du niveau de la mer, on peut supposer que leurs eaux souterraines sont dues à la fonte des neiges et qu'elles ne communiquent pas. Le Rio Vinagre reçoit son acide dans l'intérieur d'un volcan qui abonde en soufre, et dont la température paraît extrêmement élevée, quoique depuis des siècles on n'ait aperçu aucun phénomène lumineux à son sommet.

Le bon curé du village de Puracé croyait rendre un grand service à ses paroissiens comme aux habitans de la ville de Popayan, en faisant, comme il disait, nettoyer de temps en temps les *cheminées du volcan*. Il ordonnait aux Indiens d'enlever la croûte de soufre qui s'élève en forme de dôme au-dessus de la crevasse. Cette croûte a pris quelquefois, à ce qu'on assure, en moins de deux ans, jusqu'à quatre pieds d'épaisseur. Elle rétrécit sans doute l'ouverture par laquelle sortent les vapeurs d'acide sulfureux ; mais on conçoit que la force élastique de ces vapeurs est telle que, si

l'ouverture était entièrement bouchée pour quelques instans, elle briserait plutôt la voûte nouvelle que de produire des commotions en agissant contre les parois rocheuses du volcan. Depuis plusieurs années, les lagunes, qui représentent en petit les *craters-lacs* de nos volcans éteints, paraissent conserver chacune le même niveau de leur ligne d'eau; ce qui prouve que la vaporisation est égale à l'infiltration des eaux de neige et de pluie; mais cet équilibre n'a pas toujours été également stable. Vers l'année 1790, la *Boca grande* causait des inondations partielles. J'insiste sur ce phénomène parce qu'il semble jeter quelque jour sur un problème de la géologie des volcans, qui n'a pas été suffisamment examiné, je veux dire sur les éjections d'eau et de boue. Au Vésuve, ces éjections ne sont qu'apparentes et ne viennent ni de l'intérieur du cratère ni de crevasses latérales. Une immense tension électrique se manifeste dans l'atmosphère qui environne le sommet du volcan au moment des grandes éruptions. Des éclairs sillonnent l'air: les vapeurs aqueuses émises par le cratère se refroidissent; des nuages épais enveloppent le sommet; pendant la durée de cet orage, restreint à un petit espace, l'eau descend par torrens et se mêle aux matières tuffacées qu'elle entraîne avec elle (1).

---

(1) Déjà M. de La Condamine (*Mémoires de l'Académie*, 1754, p. 18) a eu des idées très-précises sur la cause de ces phénomènes, qui se trouvent également exposés dans la *Storia dell' incendio del* 1737, publiée par l'Académie de Naples. J'ai vu, dans mon dernier voyage à Naples (décembre 1822), les dégâts qu'ont causés les torrens d'eau du côté d'Ottajano, au pied du Vésuve. Ils ont transporté dans la

Ces effets, purement météorologiques, ont donné lieu aux traditions sur les eaux bouillantes sorties du cratère du Vésuve en 1631 ; traditions fabuleuses que perpétue une inscription à Portici.

Dans les volcans des Andes qui dépassent la limite des neiges perpétuelles, les causes des inondations sont très-différentes de celle que nous venons d'indiquer. Comme les éruptions de ces cimes colossales n'ont lieu qu'après de longs intervalles (tous les trente à quarante ans, et même plus rarement encore), des bancs de neige d'une épaisseur énorme s'accumulent sur le flanc des montagnes. Ces neiges ne fondent pas seulement au moment de l'explosion, mais quelquefois plusieurs jours auparavant. C'est ainsi qu'en février 1803, pendant mon séjour à Guayaquil, les habitans de la province de Quito furent effrayés de l'aspect du cône du Cotopaxi, qui perdit une grande partie de ses neiges dans une seule nuit, et montra à découvert la couleur noire de ses roches brûlées. Quelle que soit l'idée que l'on se forme de la puissance des forces volcaniques et

---

plaine, non-seulement des boues, mais des masses de laves de 48 pieds de circonférence et de 25 pieds de hauteur. *Voyez* l'excellente description de ces phénomènes par MM. Monticelli et Covelli. (*Storia del Vesuvio degli anni* 1821-1823, p. 91-98.) Par le mélange de la pluie et des cendres volcaniques, il se forme dans l'air (*l. c*, p. 94) des espèces de pisolithes à couches concentriques, que j'ai aussi trouvées sur le plateau d'Hambato, parmi les anciennes éjections du Carguairazo. Les habitans de la province de Quito appellent naïvement ces pisolites des *grêlons de terre*.

de l'intensité des feux souterrains dans les Andes, on ne saurait admettre que les parois épaisses d'un cône puissent se chauffer uniformément et transmettre avec une telle rapidité (par la conductibilité de leur masse) la chaleur au dehors. La fonte subite des neiges, lorsque, dans les Cordillères, elle précède les éruptions, n'est probablement due qu'à une infinité de petites *fumaroles* qui dégagent des vapeurs chaudes à travers la roche fendillée du cône. Ces vapeurs, d'après ce que j'ai eu occasion d'observer dans les cratères du Vésuve, du Pic de Ténériffe et du volcan de Jorullo au Mexique, sont le plus souvent de l'eau pure, qui n'agit aucunement sur les réactifs les plus sensibles : d'autres fois elles renferment de l'acide muriatique. On remarque qu'une même crevasse donne, à des époques très-rapprochées, de l'eau distillée (pure) et des eaux très-acides. La source artificielle, que M. Gimbernat a eu l'ingénieuse idée de former au sommet du Vésuve par la condensation des vapeurs dans un tube de verre, a montré quelquefois ces variations : elles prouvent ou le changement d'action chimique dans l'intérieur du volcan, ou l'ouverture accidentelle de quelques nouvelles communications. Dans les Andes de Quito, comme en Islande et dans les éruptions de l'Etna du 23 mars 1536 et du 6 mars 1755, la fonte subite des bancs de neige a produit de grandes dévastations (1).

D'autres fois, par de lentes infiltrations, les eaux de neige s'accumulent dans les cavités latérales du volcan;

(1) *Ferrara*, *Campi Flegrei*, 1810, p. 165. — *Idem*, *Descriz. dell' Etna*, 1818, p. 89, 116-120.

des secousses de violens tremblemens de terre, qui ne coïncident pas toujours avec l'époque des éruptions ignées, ouvrent ces cavités, et des eaux long-temps retenues, qui nourrissent de petits poissons du genre *Pimelodes*, entraînent avec elles des trachytes broyés, des ponces, des tufs et d'autres matières incohérentes. Ces éjections liquides répandent, pour des siècles, la stérilité dans les campagnes. Des *boues argileuses* (*lodazales*) ont couvert un espace de plus de quatre lieues carrées, lorsque, dans la nuit du 19 juin 1698, le pic du Carguairazo, dont la hauteur actuelle excède encore 2450 toises, s'affaissa avec fracas. Les lagunes d'eaux sulfureuses que nous avons trouvées à la cime du Puracé expliquent ce que les habitans de Quito rapportent de l'odeur fétide des eaux qui descendent quelquefois du flanc des volcans pendant les grandes éruptions. Frappés de la nouveauté de ces phénomènes que nous ne faisons que rappeler ici, les *Conquistadores* espagnols ont, dès le seizième siècle, distingué deux sortes de volcans, les *volcans de feu* et les *volcans d'eau* (*volcanes de fuego y de agua*). Cette dernière dénomination, qu'on dirait inventée pour rapprocher les *volcanistes* des *neptunistes*, et pour mettre fin au fameux schisme de la Géologie dogmatique, a été appliquée surtout aux montagnes du Guatimala et de l'Archipel des Philippines. Le *Volcan de agua*, placé entre le Volcan de Guatimala (1) et celui de Pacaya, a ruiné, par des torrens d'eau et de pierres qu'il lança le 11 septembre 1541, la ville d'Almolonga,

(1) *Juarros*, *Compendio de la Historia de Guatemala*, 1809, t. I, p. 72; t. II, p. 351. — *Remesal*, *Hist. de la*

qui est l'ancienne capitale du pays. Cette montagne n'atteint pas la limite des neiges perpétuelles, mais elle reste couverte de neige pendant plusieurs mois de l'année. Lorsqu'on se rappelle la confusion des récits que l'on trouve de nos jours dans les feuilles publiques de l'Europe, chaque fois que l'Etna ou le Vésuve sont en action, on ne saurait se plaindre de l'incertitude dans laquelle nous laissent les chroniqueurs de l'Amérique espagnole et les *Conquistadores* du seizième siècle sur des phénomènes d'*inondations volcaniques* si dignes de fixer l'attention des physiciens. Pendant l'éruption de l'Etna en 1792, il s'ouvrit sur la pente du volcan, à 3 milles de distance du cratère, un goufre (1) duquel sortit, pendant plusieurs semaines, de l'eau mêlée de cendres, de scories et d'argiles. Ces éjections liquides, qu'il ne faut pas confondre avec le phénomène des *Salses* (2) ou *volcans*

Provincia de San-Vicente, *lib.* IV, *cap.* 6. — Aussi dans la grande éruption du volcan de la province de Sinano au Japon (27 juillet 1783), des eaux bouillantes étaient mêlées aux *rapilli*. (*Mémoire sur la Dynastie régnante des Djogouns*, 1820, p. 182.)

(1) *Ferrara, Descr. dell' Etna*, p. 132. Comme ce phénomène semble avoir quelque rapport avec celui de la *Moya de Pelileo*, qui contient des carbures d'hydrogène, et que j'ai fait connaître à mon retour d'Amérique, je me suis procuré très-récemment une note manuscrite explicative du savant géologue sicilien, M. Ferrara, sur l'éruption boueuse de l'Etna observée le 25 mars 1792.

(2) Il n'y a que le torrent fangeux (*fiume di fango*) de Santa-Maria-Nascemi (18 mars 1790), dans le Val di Noto, qui me semble appartenir à l'action des Salses.

d'*air*, étaient très-épaisses. On conçoit que, dans la zone équinoxiale, même des montagnes très-basses peuvent, par une disposition particulière de leurs cavités souterraines et par l'abondance excessive des pluies tropicales, être sujettes à causer d'effrayantes inondations chaque fois qu'elles éprouvent des secousses de tremblement de terre. Il y a plus encore : les phénomènes que nous venons de décrire se répètent de temps en temps loin des volcans, dans les montagnes secondaires, au centre de l'Europe. De tristes exemples ont prouvé de nos jours que, dans les Alpes de la Suisse, là où aucune secousse de tremblemens de terre ne se fait sentir, une simple pression hydrostatique souleve et brise violemment des bancs de rocher, en les projetant à de grandes distances, comme s'ils étaient lancés par des forces élastiques.

Les trachytes de Puracé renferment du soufre comme ceux du Mont-Dore en Auvergne, de Budoshegy en Transylvanie, de l'île Montserrat dans les Petites-Antilles, et de l'Antisana dans les Andes de Quito. Il s'en forme encore journellement dans les fentes, autour des gouffres de Puracé, soit par une sublimation très-lente, soit par le contact des vapeurs d'acide sulfureux avec l'hydrogène sulfuré des lagunes. Le volcan travaille dans son intérieur comme les *solfatares ;* mais il n'offre dans sa forme rien qui ressemble aux lieux que l'on désigne par ce nom et que j'ai visités, par exemple aux *solfatares* de Pouzzoles, du Pic de Ténériffe et du volcan de Jorullo au Mexique. Ces trois dernières sont des cratères qui ont vomi des laves ; elles annoncent que leur premier état était très-différent de celui dans lequel nous les voyons aujour-

d'hui. Par des températures très-élevées, les produits chimiques d'un volcan ne sont pas les mêmes que par une température très-basse. Si l'on veut appeler vaguement *solfatare* tout lieu où il se forme ou dépose du soufre, cette dénomination pourra même être appliquée à un terrain que je vais décrire ici et qui contraste singulièrement avec les trachytes des volcans. En traversant la Cordillère des Andes de Quindiù, entre les bassins du Cauca et du Magdalena (lat. 4° 30′—4° 45′), j'ai vu une immense formation de gneis et de micaschiste reposer immédiatement sur un granite ancien. Les couches de micaschiste qui alternent avec des strates de gneis sont dépourvues de grenats, tandis que le gneis en contient beaucoup. Or, dans ces mêmes micaschistes primitifs, un peu à l'ouest de la station du Moral, à la hauteur de 1065 toises au-dessus du niveau de la mer, dans la *Quebrada del Azufral*, des *filons pourris*, extrêmement crevassés, sont remplis de soufre (1) et exhalent une vapeur sulfureuse dont la température s'élevait à 47°,8 centésimaux lorsque l'air ambiant était à 20°,2. Voilà donc répétés en petit, dans les fentes d'une roche primitive, les phénomènes de la *solfatare* trachytique de Budoshegy en Transylvanie, qui a été récemment examinée par M. Boué. Le micaschiste de Quindiù qui entoure les *filons ouverts* est décomposé, et le soufre se trouve en masse assez considérable pour devenir l'objet d'une exploitation qui nourrit une famille établie dans le ravin de l'*Azufral*. La roche renferme quelques pyrites décomposées ; mais

(1) *Voyez* mon *Nivellement barométrique et géognostique des Cordillères*, N°. 102.

je doute fort que ces pyrites jouent dans la nature le rôle important dont on les a chargées si long-temps dans des explications géologiques. Au milieu des roches granitiques de Quindiù s'élèvent les trachytes du volcan de Tolima, cône tronqué qui rappelle la forme du Cotopaxi, et qui, d'après une mesure géodésique que j'ai faite à l'ouest d'Ibagué, est la plus haute cime des Andes dans l'hémisphère boréal (1). Un ruisseau qui répand fortement l'odeur de l'hydrogène sulfuré descend du pic de Tolima, et prouve que les trachytes qui ont percé les roches granitiques renferment également du soufre. Récemment deux savans voyageurs, MM. Rivero et Boussingault, ont visité cette petite *solfatare dans le schiste micacé* de Quindiù : ils en ont envoyé des échantillons au Cabinet de l'*Ecole des Mines*, à Paris, qui renferme les *suites géognostiques* les plus complètes et les plus instructives.

En suivant la Cordillère des Andes vers le sud, on retrouve ces mêmes alternances de formations primitives et de régions porphyriques et trachytiques; mais quelle a été ma surprise lorsque, au-delà de l'équateur, j'ai reconnu que la célèbre *montagne de soufre de Ticsan* (lat. aust. 2° 10′), entre Quito et Cuenca, n'est composée ni de trachyte, ni de calcaire ou de gypse, mais de micaschiste. Cette montagne de soufre, que les Indiens appellent *Quello*, se trouve, d'après ma mesure barométrique, à 1250 toises de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan. Elle est entièrement composée de micaschiste (*glimmerschiefer*) primitif, qui n'est pas même anthraciteux, comme le sont les variétés de cette

---

(1) Hauteur, 2865 toises; lat. bor., 4° 46′.

roche propres aux terrains de transition. Dans des ravins très profonds, entre Ticsan et Alausi, on voit le micaschiste reposer sur du gneis. Le soufre est contenu dans une couche de quarz qui a plus de 1200 pieds d'épaisseur : elle est assez régulièrement dirigée N. 18°E., et inclinée, comme le micaschiste, de 70° à 80°, au nord-ouest. La couche de quarz qui passe quelquefois au *hornstein* est exploitée à ciel ouvert. La pente du *Cerro Quello*, sur laquelle les travaux sont commencés depuis des siècles, est opposée au sud-sud-est, et la couche de quarz paraît se prolonger vers le nord-nord-ouest, c'est-à-dire, vers la côte de l'Océan Pacifique. On assure cependant n'avoir pas trouvé de soufre à fleur de terre, dans cette direction, à la distance de 2000 toises de Ticsan. Tout y est couvert d'une épaisse végétation. Vers la fin du dix-huitième siècle, on exploitait encore des masses de soufre qui avaient 2 à 3 pieds de diamètre; aujourd'hui on travaille sur des strates quarzeux beaucoup moins riches, dans lesquels le soufre n'est disséminé que par rognons de 3 à 4 pouces d'épaisseur. On observe que l'abondance de soufre augmente avec la profondeur; mais le travail a été dirigé si imprudemment que les strates inférieurs sont à-peu-près inaccessibles. Le quarz dans lequel le soufre est disséminé ne présente ni de grandes fissures ni des cavités ou des *druses*: aussi n'ai-je pu trouver aucun échantillon de soufre cristallisé.

Le minerai qui fait l'objet de l'exploitation du *Cerro Quello* ne forme pas, comme on pourrait le supposer, un amas ou entrelacement de filons : le soufre est disséminé sans aucune continuité, par petites masses, dans le quarz qui traverse le micaschiste parallèlement à ses

strates. Les fentes qui peut-être ont jadis réuni ces masses ne sont plus visibles; mais tout le quarz paraît avoir subi un changement extraordinaire. Il est terne, souvent friable, et se brise dans quelques parties au moindre choc; ce qui indique un fendillement insensible à la vue. La température de la roche ne différait pas de celle de l'air extérieur. Les habitans aiment à attribuer les violens tremblemens de terre auxquels leur pays a été quelquefois exposé, à des concavités qu'ils supposent exister au-dessous de la montagne de soufre. Si cette hypothèse est fondée, il faut admettre que la cause qu'elle indique n'agit que localement. Dans la grande catastrophe du 4 février 1797, qui a fait périr tant de milliers d'Indiens dans la province de Quito, les trois endroits où il y a le plus de soufre, le Cerro Quello, l'Azufral de Cuesaca près de la Villa d'Ibarra, et le Machay de Saint-Simon, près du volcan d'Antifana, ne furent que bien faiblement agités; mais, à une époque de beaucoup antérieure, on a éprouvé sur la couche de quarz même qui renferme le soufre près de Ticsan, une explosion semblable à celle d'une mine.

La couche de quarz est *au jour* des deux côtés de la petite rivière d'Alausi; et vis-à-vis le Cerro Quello, on trouve un petit plateau où, dans le dix-septième siècle, était situé le village de Ticsan. On voit encore les ruines de l'église du *Pueblo Viejo*. Un tremblement de terre entièrement local (car ses effets étaient restreints à un très-petit espace de terrain) fit écrouler les collines d'alentour; une partie du village s'affaissa, une autre partie fut jetée en l'air, comme cela est arrivé à Riobamba, où j'ai trouvé les ossemens des malheureux habitans de la ville,

lancés sur le Cerro de la Culca, à une hauteur de plusieurs centaines de pieds. Les Indiens de Ticsan qui survécurent à cette catastrophe construisirent leurs habitations plus au nord, loin de la montagne de soufre, dont ils redoutent le voisinage. Il se peut que la coïncidence de ces phénomènes d'explosion et de gisement d'une matière facile à convertir en vapeurs élastiques, n'ait été qu'accidentelle : mais il se peut aussi que d'anciennes communications avec l'intérieur du globe, celles à travers lesquelles s'est formé, par sublimation, l'immense dépôt de soufre, se rétablissent de temps en temps, et permettent aux forces volcaniques d'ébranler la surface du sol. Près des ruines du *Pueblo Viejo* de Ticsan, j'ai trouvé une colline de gypse superposée au schiste micacé : comme cette colline n'est pas recouverte par d'autres formations, il est difficile de décider si le gypse, en partie fibreux et mêlé d'argile, est primitif comme celui de Val Canaria, ou de transition comme les gypses de la Tarentaise.

L'abondance du soufre dans les terrains primitifs est un fait géologique très-important sous le rapport de l'étude des volcans et des roches à travers lesquelles le feu souterrain s'est frayé un passage. Avant que j'eusse visité les Andes de Quito et la montagne de Ticsan, on ne connaissait le soufre que dans les calcaires et les gypses de transition, dans les gypses, les marnes et les argiles muriatifères des terrains secondaires, et dans les roches exclusivement appelées *volcaniques*. Ces divers modes de gisement, auxquels on peut joindre les terrains tertiaires, expliquaient très-mal la fréquence des vapeurs sulfureuses exhalées par les bouches de volcans

dont on plaçait (et avec raison sans doute) le centre d'action bien au-dessous des roches secondaires et intermédiaires. A mesure que l'on apprend à connaître une plus grande partie du globe, on ne voit pas seulement s'agrandir la géognosie positive c'est-à-dire le tableau des formations et des gisemens : même la *géogonie* ou géognosie systématique, la science conjecturale qui recherche les causes des phénomènes, commence à s'appuyer sur l'analogie de faits plus certains. On aurait pu être frappé depuis long-temps des petites masses de soufre natif qui sont disséminées dans quelques filons métallifères et qui traversent des roches granitiques, par exemple, dans le Schwarzwald, près Riepoldsau. La montagne de Ticsan que j'ai fait connaître ne laisse plus de doute sur l'existence du soufre dans les terrains primitifs. Récemment aussi on a reconnu au Brésil, que la formation de quarz chloriteux qui recouvre, dans la Capitania de Minas Geraes, le thonschiefer primitif, renferme de l'or et du soufre à la fois. Des plaques de cette roche, fortement chauffées, brûlent avec une flamme bleue. Près de Villarica, dans le site appelé *Antonio Pereira*, un schiste du même âge que celui auquel est superposé l'*itacolumite* ou quarz chloriteux renferme un banc calcaire traversé par des filons de quarz que le Baron d'Eschwege (directeur des mines d'or et de diamans de ces contrées) a trouvé rempli de petits rognons de soufre pulvérulent. Tous ces phénomènes augmentent d'intérêt lorsqu'on réfléchit que ce savant géologue, de même qu'un autre voyageur allemand, M. Pohl, inclinent à croire que l'or, le fer micacé, les diamans, les euclases, le platine et le palladium, qui sont propres au terrain

d'alluvion du Brésil, proviennent ou de la destruction de la grande formation de quarz chloriteux, ou de celle d'une couche ferrugineuse (*itabarite*) qui est superposée à cette formation.

(Nous avons fait connaître, dans divers articles de ce Recueil, les découvertes récentes dont se compose la théorie mathématique de la chaleur. Nous présentons aujourd'hui avec plus de détail que nous n'avions pu le faire jusqu'ici les résultats d'une application très-importante de cette théorie. Ils sont exposés dans le Mémoire suivant, lu à l'Académie royale des Sciences, dans les séances des 20 et 29 septembre de cette année.)

REMARQUES GÉNÉRALES *sur les Températures du globe terrestre et des espaces planétaires.*

PAR M. FOURIER.

LA question des températures terrestres, l'une des plus remarquables et des plus difficiles de toute la philosophie naturelle, se compose d'élémens assez divers qui doivent être considérés sous un point de vue général. J'ai pensé qu'il serait utile de réunir dans un seul écrit les conséquences principales de cette théorie ; les détails analytiques que l'on omet ici se trouvent dans les ouvrages que j'ai déjà publiés. J'ai desiré surtout présenter aux physiciens, dans un tableau peu étendu, l'en-

semble des phénomènes et les rapports mathématiques qu'ils ont entr'eux.

La chaleur du globe terrestre dérive de trois sources qu'il est d'abord nécessaire de distinguer.

1°. La terre est échauffée par les rayons solaires, dont l'inégale distribution produit la diversité des climats.

2°. Elle participe à la température commune des espaces planétaires, étant exposée à l'irradiation des astres innombrables qui environnent de toutes parts le système solaire.

3°. La terre a conservé dans l'intérieur de sa masse une partie de la chaleur primitive qu'elle contenait lorsque les planètes ont été formées.

Nous examinerons séparément chacune de ces trois causes, et les phénomènes qu'elle produit. Nous ferons connaître le plus clairement qu'il nous sera possible, et autant que l'état de la science le permet aujourd'hui, les principaux caractères de ces phénomènes. Afin de donner une idée générale de cette grande question et d'indiquer d'abord les résultats de nos recherches, nous les présentons dans le résumé suivant, qui est en quelque sorte une table raisonnée des matières traitées dans cet écrit et dans plusieurs des Mémoires qui l'ont précédé.

Notre système solaire est placé dans une région de l'univers dont tous les points ont une température commune et constante, déterminée par les rayons de lumière et de chaleur qu'envoient tous les astres environnans. Cette température froide du ciel planétaire est peu inférieure à celle des régions polaires du globe ter-

restre. La terre n'aurait que cette même température du ciel, si deux causes ne concouraient à l'échauffer. L'une est la chaleur intérieure que ce globe possédait lorsque les corps planétaires ont été formés, et dont une partie seulement s'est dissipée à travers la surface. La seconde cause est l'action continuelle des rayons solaires qui pénètrent toute la masse, et entretiennent à la superficie la différence des climats.

La chaleur primitive du globe ne cause plus d'effet sensible à la surface; mais elle peut être immense dans l'intérieur de la terre. La température de la surface ne surpasse pas d'un trentième de degré centésimal la dernière valeur à laquelle elle doit parvenir : elle a d'abord diminué très-rapidement; mais, dans son état actuel, ce changement continue avec une extrême lenteur.

Les observations recueillies jusqu'à ce jour paraissent indiquer que les divers points d'une même verticale prolongée dans la terre solide sont d'autant plus échauffés que la profondeur est plus grande, et l'on a évalué cet accroissement à un degré pour 30 ou 40 mètres. Un tel résultat suppose une température intérieure très-élevée; il ne peut provenir de l'action des rayons solaires : il s'explique naturellement par la chaleur propre que la terre tient de son origine.

Cet accroissement, d'environ un degré pour 32 mètres, ne sera pas toujours le même, il diminue progressivement; mais il s'écoulera un grand nombre de siècles avant qu'il soit réduit à la moitié de sa valeur actuelle.

Si d'autres causes jusqu'ici ignorées peuvent expliquer les mêmes faits, et s'il existe d'autres sources ou générales ou accidentelles de la chaleur terrestre, on les dé-

couvrira par la comparaison des résultats de cette théorie avec ceux des observations.

Les rayons de chaleur que le soleil envoie incessamment au globe terrestre y produisent deux effets très-distincts : l'un est périodique et s'accomplit tout entier dans l'enveloppe extérieure, l'autre est constant ; on l'observe dans les lieux profonds, par exemple, à 30 mètres au-dessous de la surface. La température de ces lieux ne subit aucun changement sensible dans le cours de l'année, elle est fixe ; mais elle est très-différente dans les différens climats : elle résulte de l'action perpétuelle des rayons solaires et de l'inégale exposition des parties de la surface, depuis l'équateur jusqu'aux poles. On peut déterminer le temps qui a dû s'écouler pour que cette impression des rayons du soleil ait produit la diversité des climats telle que nous l'observons aujourd'hui. Tous ces résultats s'accordent avec ceux des théories dynamiques qui nous ont fait connaître la stabilité de l'axe de rotation de la terre. L'effet périodique de la chaleur solaire consiste dans les variations diurnes ou annuelles. Cet ordre de faits est représenté exactement et dans tous ses détails par la théorie ; la comparaison des résultats avec les observations servira à mesurer la faculté conductrice des matières dont l'enveloppe terrestre est formée.

La présence de l'atmosphère et des eaux a pour effet général de rendre la distribution de la chaleur plus uniforme. Dans l'Océan et les lacs, les molécules les plus froides, ou plutôt celles dont la densité est la plus grande, se dirigent continuellement vers les régions inférieures, et les mouvemens de la chaleur dûs à cette cause sont beaucoup plus rapides que ceux qui s'accomplissent dans

les masses solides en vertu de la faculté conductrice. L'examen mathématique de cet effet exigerait des observations exactes et nombreuses : elles serviraient à reconnaître comment ces mouvemens intérieurs empêchent que les effets de la chaleur propre du globe soient sensibles dans la profondeur des eaux.

Les liquides conduisent très-difficilement la chaleur; mais ils ont, comme les milieux aériformes, la propriété de la transporter rapidement dans certaines directions. C'est cette même propriété qui, se combinant avec la force centrifuge, déplace et mèle toutes les parties de l'atmosphère et celles de l'Océan; elle y entretient des courans réguliers et immenses.

L'interposition de l'air modifie beaucoup les effets de la chaleur à la surface du globe. Les rayons du soleil traversant les couches atmosphériques condensées par leur propre poids, les échauffent très-inégalement : celles qui sont plus rares sont aussi plus froides, parce qu'elles éteignent et absorbent une moindre partie de ces rayons. La chaleur du soleil arrivant à l'état de lumière, possède la propriété de pénétrer les substances solides ou liquides diaphanes, et la perd presqu'entièrement lorsqu'elle s'est convertie, par sa communication aux corps terrestres, en chaleur rayonnante obscure.

Cette distinction de la chaleur lumineuse et de la chaleur obscure explique l'élévation de température causée par les corps transparens. La masse des eaux qui couvrent une grande partie du globe, et les glaces polaires opposent moins d'obstacle à la chaleur lumineuse affluente qu'à la chaleur obscure, qui retourne en sens contraire dans

l'espace extérieur. La présence de l'atmosphère produit un effet du même genre, mais qui, dans l'état actuel de la théorie et à raison du manque d'observations comparées, ne peut encore être exactement défini. Quoi qu'il en soit, on ne peut douter que l'effet dû à l'impression des rayons du soleil sur un corps solide d'une dimension extrêmement grande ne surpasse beaucoup celui qu'on observerait en exposant un thermomètre ordinaire à la lumière de cet astre.

Le rayonnement des couches les plus élevées de l'atmosphère, dont le froid est très-intense et presque constant, influe sur tous les faits météorologiques que nous observons : il peut être rendu plus sensible par la réflexion à la surface des miroirs concaves. La présence des nuages qui interceptent ces rayons tempère le froid des nuits.

On voit que la superficie du globe terrestre est placée entre une masse solide dont la chaleur centrale peut surpasser celle des matières incandescentes, et une enceinte immense dont la température est inférieure à celle de la congélation du mercure.

Toutes les conséquences précédentes s'appliquent aux autres corps planétaires. On peut les considérer comme placés dans une enceinte dont la température commune et constante est peu inférieure à celle des poles terrestres. Cette même température du ciel est celle de la surface des planètes les plus éloignées ; car l'impression des rayons du soleil, même augmentée par la disposition de la superficie, serait trop faible pour occasioner des effets sensibles ; et nous connaissons, par l'état du globe terrestre, que, dans les planètes dont la formation ne peut

être moins ancienne, il ne subsiste plus à la surface aucune élévation de température due à la chaleur propre.

Il est également vraisemblable que, pour la plupart des planètes, la température des poles est assez peu élevée au-dessus de celle de l'espace. Quant à la température moyenne que chacun de ces corps doit à l'action du soleil, elle n'est point connue, parce qu'elle peut dépendre de la présence d'une atmosphère et de l'état de la surface. On peut seulement assigner d'une manière approchée la température moyenne que la terre acquerrait si elle était substituée au lieu de la planète.

Après cet exposé, nous examinerons successivement les différentes parties de la question, et nous avons d'abord à exprimer une remarque qui s'étend à toutes ces parties, parce qu'elle est fondée sur la nature des équations différentielles du mouvement de la chaleur. Elle consiste en ce que les effets qui proviennent de chacune des trois causes que l'on a indiquées peuvent être calculés séparément, comme si chacune de ces causes existait seule. Il suffit ensuite de réunir les effets partiels; ils se superposent librement comme les dernières oscillations des corps.

Nous décrirons, en premier lieu, les résultats principaux dus à l'action prolongée des rayons solaires sur le globe terrestre.

Si l'on place un thermomètre à une profondeur considérable au-dessous de la surface de la terre solide, par exemple, à 40 mètres, cet instrument marque une température fixe. On observe ce fait dans tous les points du globe. Cette température des lieux profonds est constante pour un lieu déterminé; mais elle n'est pas la

même dans les divers climats. Elle décroît en général lorsqu'on s'avance vers les poles.

Si l'on observe la température des points beaucoup plus voisins de la surface, par exemple, à un mètre ou 5 ou 10 mètres de profondeur, on remarque des effets très-différens. La température varie pendant la durée d'un jour ou d'un an ; mais nous faisons d'abord abstraction de l'enveloppe terrestre où ces variations s'accomplissent, et supposant que cette enveloppe est supprimée, nous considérons les températures fixes de tous les points de la nouvelle superficie du globe.

On peut concevoir que l'état de la masse a varié continuellement à mesure qu'elle recevait la chaleur sortie du foyer. Cet état variable des températures intérieures s'est altéré par degrés et s'est approché de plus en plus d'un état final qui n'est sujet à aucun changement. Alors chaque point de la sphère solide a acquis et conserve une température déterminée qui ne dépend que de la situation de ce point.

L'état final de la masse dont la chaleur a pénétré toutes les parties est exactement comparable à celui d'un vase qui reçoit par des ouvertures supérieures le liquide que lui fournit une source constante, et en laisse échapper une quantité précisément égale par une ou plusieurs issues.

Ainsi la chaleur solaire s'est accumulée dans l'intérieur du globe et s'y renouvelle continuellement. Elle pénètre les parties de la surface voisines de l'équateur, et se dissipe à travers les régions polaires. La première question de ce genre qui ait été soumise au calcul se trouve dans un Mémoire que j'ai lu à l'Institut

de France sur la fin de 1807, art. 115, page 167 : cette pièce est déposée aux archives. J'ai traité alors cette première question pour offrir un exemple remarquable de l'application de la nouvelle théorie exposée dans le Mémoire, et pour montrer comment l'analyse fait connaître les routes que suit la chaleur solaire dans l'intérieur du globe terrestre.

Si nous rétablissons présentement cette enveloppe supérieure de la terre, dont les points ne sont pas assez profondément situés pour que leurs températures soient devenues fixes, on remarque un ordre de faits plus composés dont notre analyse donne l'expression complète. A une profondeur médiocre, comme 3 à 4 mètres, la température observée ne varie pas pendant la durée de chaque jour; mais elle change très-sensiblement dans le cours d'une année; elle s'élève et s'abaisse alternativement. L'étendue de ces variations, c'est-à-dire, la différence entre le *maximum* et le *minimum* de température n'est pas la même à toutes les profondeurs; elle est d'autant moindre que la distance à la surface est plus grande. Les différens points d'une même verticale ne parviennent pas en même temps à ces températures extrêmes. L'étendue des variations, les temps de l'année qui correspondent aux plus grandes, aux moyennes ou aux moindres températures, changent avec la position du point dans la verticale. Il en est de même des quantités de chaleur qui descendent et s'élèvent alternativement : toutes ces valeurs ont entr'elles des relations certaines, que les expériences indiquent et que l'analyse exprime très-distinctement. Les résultats observés sont conformes à ceux que la théorie fournit;

il n'y a pas de phénomène plus complètement expliqué. La température moyenne annuelle d'un point quelconque de la verticale, c'est-à-dire, la valeur moyenne de toutes celles qu'on observerait en ce point dans le cours d'une année, est indépendante de la profondeur. Elle est la même pour tous les points de la verticale, et par conséquent celle que l'on observerait immédiatement au-dessous de la surface : c'est la température fixe des lieux profonds.

Il est évident que, dans l'énoncé de cette proposition, nous faisons abstraction de la chaleur intérieure du globe, et à plus forte raison des causes accessoires qui pourraient modifier ce résultat en un lieu déterminé. Notre objet principal est de reconnaître les phénomènes généraux. Nous avons dit plus haut que les divers effets peuvent être considérés séparément. Nous devons observer aussi, par rapport à toutes les évaluations numériques citées dans ce Mémoire, qu'on ne les présente que comme des exemples de calcul. Les observations météorologiques propres à fournir les données nécessaires, celles qui feraient connaître la capacité de chaleur et la perméabilité des matières qui composent le globe, sont trop incertaines et trop bornées pour qu'on puisse maintenant déduire du calcul des résultats précis ; mais nous indiquons ces nombres pour montrer comment les formules doivent être appliquées. Quelque peu approchées que soient ces évaluations, elles sont beaucoup plus propres à donner une juste idée des phénomènes que des expressions générales dénuées d'applications numériques.

Dans les parties de l'enveloppe les plus voisines de

la superficie, le thermomètre s'élève et s'abaisse pendant la durée de chaque jour. Ces variations diurnes cessent d'être sensibles à la profondeur de 2 ou 3 mètres. On ne peut observer au-dessous que les variations annuelles, qui disparaissent elles-mêmes à une plus grande profondeur.

Si la vitesse de rotation de la terre autour de son axe devenait incomparablement plus grande, et s'il en était de même du mouvement de cette planète autour du soleil, les variations diurnes et annuelles cesseraient d'être observées; les points de la superficie auraient acquis et conserveraient les températures fixes des lieux profonds. En général, la profondeur qu'il faut atteindre pour que les variations cessent d'être sensibles a un rapport très-simple avec la durée de la période qui ramène les mêmes effets à la surface. Cette profondeur est exactement proportionnelle à la racine carrée de la période. C'est pour cette raison que les variations diurnes ne pénètrent qu'à une profondeur dix-neuf fois moindre que celle où l'on observe encore les variations annuelles.

La question du mouvement périodique de la chaleur solaire a été traitée pour la première fois et résolue dans un écrit séparé, remis à l'Institut de France en octobre 1809. J'ai reproduit cette solution dans une pièce envoyée sur la fin de 1811, et imprimée dans la Collection de nos Mémoires.

La même théorie donne le moyen de mesurer la quantité totale de chaleur qui, dans le cours d'une année, détermine les alternatives des saisons. On a eu pour but, en choisissant cet exemple de l'application des formules,

de montrer qu'il existe une relation nécessaire entre la loi des variations périodiques et la quantité totale de chaleur qui accomplit cette oscillation ; en sorte que cette loi étant connue par les observations faites en un climat donné, on peut en conclure la quantité de chaleur qui s'introduit dans la terre et retourne dans l'air. Considérant donc une loi semblable à celle qui s'établit d'elle-même dans l'intérieur du globe, j'ai trouvé les résultats suivans.

Un huitième d'année, après que la température de la surface s'est élevée à sa valeur moyenne, la terre commence à s'échauffer; les rayons du soleil la pénètrent pendant six mois. Ensuite la chaleur de la terre prend un mouvement opposé; elle sort et se répand dans l'air et l'espace extérieur : or la quantité de chaleur qui subit ces oscillations dans le cours d'un an est exprimée par le calcul. Si l'enveloppe terrestre était formée d'une substance métallique, le fer forgé (matière que j'ai choisie pour exemple après en avoir mesuré les coefficiens spécifiques), la chaleur qui produit l'alternative des saisons serait, pour le climat de Paris et pour un mètre carré de superficie équivalente à celle qui fondrait une colonne cylindrique de glace ayant pour base ce mètre carré, et dont la hauteur serait environ $3^{m.},1$. Quoique l'on n'ait pas encore mesuré la valeur des coefficiens propres aux matières dont le globe est formé, on voit facilement qu'ils donneraient un résultat beaucoup moindre que celui qui vient d'être indiqué. Il est proportionnel à la racine carrée du produit de la capacité de chaleur rapportée au volume et de la perméabilité.

Considérons maintenant cette seconde cause de la cha-

leur terrestre qui réside, selon nous, dans les espaces planétaires. La température de cet espace exactement définie est celle que marquerait le thermomètre, si l'on pouvait concevoir que le soleil et tous les corps planétaires qui l'accompagnent cessent d'exister, et que l'instrument fût placé dans un point quelconque de la région du ciel présentement occupée par le système solaire.

Nous allons indiquer les faits principaux qui nous ont fait reconnaître l'existence de cette chaleur propre aux espaces planétaires, indépendante de la présence du soleil et indépendante de la chaleur primitive que le globe a pu conserver. Pour acquérir la connaissance de ce singulier phénomène, il faut examiner quel serait l'état thermométrique de la masse terrestre si elle ne recevait que la chaleur du soleil; et pour rendre cet examen plus facile, on peut d'abord supposer que l'atmosphère est supprimée. Or, s'il n'existait aucune cause propre à donner aux espaces planétaires une température commune et constante, c'est-à-dire, si le globe terrestre et tous les corps qui forment le système solaire étaient placés dans une enceinte privée de toute chaleur, on observerait des phénomènes entièrement contraires à ceux que nous connaissons. Les régions polaires subiraient un froid immense, et le décroissement des températures depuis l'équateur jusqu'aux pôles serait incomparablement plus rapide et plus étendu.

Dans cette hypothèse du froid absolu de l'espace, s'il est possible de la concevoir, tous les effets de la chaleur, tels que nous les observons à la surface du globe, seraient dus à la présence du soleil. Les moindres varia-

tions de la distance de cet astre à la terre occasioneraient des changemens très-considérables dans les températures ; l'intermittence des jours et des nuits produirait des effets subits et totalement différens de ceux que nous observons. La surface des corps serait exposée tout-à-coup, au commencement de la nuit, à un froid infiniment intense. Les corps animés et les végétaux ne résisteraient point à une action aussi forte et aussi prompte, qui se reproduirait en sens contraire au lever du soleil.

La chaleur primitive conservée dans l'intérieur de la masse terrestre ne pourrait point suppléer à la température extérieure de l'espace, et n'empêcherait aucun des effets que l'on vient de décrire ; car nous connaissons avec certitude, par la théorie et les observations, que l'effet de cette chaleur centrale est devenu depuis long-temps insensible à la superficie, quoiqu'il puisse être très grand à une profondeur médiocre.

Nous concluons de ces diverses remarques, et principalement de l'examen mathématique de la question, qu'il existe une cause physique toujours présente qui modère les températures à la surface du globe terrestre, et donne à cette planète une chaleur fondamentale indépendante de l'action du soleil, et de la chaleur propre que sa masse intérieure a conservée. Cette température fixe que la terre reçoit ainsi de l'espace diffère peu de celle que l'on mesurerait aux poles terrestres. Elle est nécessairement moindre que la température qui appartient aux contrées les plus froides ; mais, dans cette comparaison, l'on ne doit admettre que des observations certaines, et ne point considérer les effets accidentels d'un froid très-intense qui serait occasioné par l'évapo-

ration, par des vents violens et une dilatation extraordinaire de l'air.

Après avoir reconnu l'existence de cette température fondamentale de l'espace sans laquelle les effets de chaleur observés à la superficie du globe seraient inexplicables, nous ajouterons que l'origine de ce phénomène est pour ainsi dire évidente. Il est dû au rayonnement de tous les corps de l'univers, dont la lumière et la chaleur peuvent arriver jusqu'à nous : les astres que nous apercevons à la vue simple, la multitude innombrable des astres télescopiques ou des corps obscurs qui remplissent l'univers, les atmosphères qui environnent ces corps immenses, la matière rare disséminée dans diverses parties de l'espace, concourent à former ces rayons qui pénètrent de toutes parts dans les régions planétaires. On ne peut point concevoir qu'il existe un tel système de corps lumineux ou échauffés sans admettre qu'un point quelconque de l'espace qui les contient acquiert une température déterminée.

Le nombre immense des corps compense les inégalités de leurs températures, et rend l'irradiation sensiblement uniforme.

Cette température de l'espace n'est pas la même dans les différentes régions de l'univers; mais elle ne varie pas dans celles où les corps planétaires sont renfermés, parce que les dimensions de cet espace sont incomparablement plus petites que les distances qui le séparent des corps rayonnans. Ainsi, dans tous les points de l'orbite de la terre, cette planète trouve la même température du ciel.

Il en est de même des autres planètes de notre sys-

tème ; elles participent toutes également à la température commune, qui est plus ou moins augmentée, pour chacune d'elles, par l'impression des rayons du soleil, selon la distance de la planète à cet astre. Quant à la question qui aurait pour objet d'assigner la température que chaque planète a dû acquérir, voici les principes que fournit une théorie exacte. L'intensité et la distribution de la chaleur à la surface de ces corps résulte de la distance au soleil, de l'inclinaison de l'axe de rotation sur l'orbite et de l'état de la superficie. Elle est très-différente, même dans sa valeur moyenne, de celle que marquerait un thermomètre isolé substitué au lieu de la planète ; car l'état solide, la très-grande dimension, et sans doute la présence de l'atmosphère et la nature de la surface déterminent cette valeur moyenne.

La chaleur d'origine qui s'est conservée dans l'intérieur de la masse a cessé depuis long-temps d'avoir un effet très-sensible à la superficie ; car l'état présent de l'enveloppe terrestre nous fait connaître que la chaleur primitive de la surface s'est presqu'entièrement dissipée. Nous regardons comme très-vraisemblable, d'après la constitution de notre système solaire, que la température des poles de chaque planète, ou du moins de la plupart d'entr'elles, est peu inférieure à celle de l'espace. Cette température polaire est la même pour tous ces corps, quoique leurs distances au soleil soient très-inégales.

On peut déterminer d'une manière assez approchée le degré de chaleur que le globe terrestre acquerrait s'il était substitué à chacune de ces planètes ; mais la température de la planète elle-même ne peut être assignée

car il faudrait connaître l'état de la superficie et de l'atmosphère. Toutefois cette incertitude n'a plus lieu pour les corps situés aux extrémités du système solaire comme la planète Uranus. L'impression des rayons du soleil sur cette planète est évidemment insensible. La température de sa superficie est donc très-peu différente de celle des espaces planétaires, ou de celle qu'on observerait aux poles du globe terrestre. Nous avons indiqué ce dernier résultat dans un discours public prononcé récemment en présence de l'Académie. On voit que cette conséquence ne peut s'appliquer qu'aux planètes les plus éloignées. Nous ne connaissons aucun moyen d'assigner avec quelque précision la température moyenne des autres corps planétaires.

Les mouvemens de l'air et des eaux, l'étendue des mers, l'élévation et la forme du sol, les effets de l'industrie humaine et tous les changemens accidentels de la surface terrestre modifient les températures dans chaque climat. Les caractères des phénomènes dus aux causes générales subsistent; mais les effets thermométriques observés à la superficie sont différens de ceux qui auraient lieu sans l'influence des causes accessoires.

La mobilité des eaux et celle de l'air tendent à modérer les effets de la chaleur et du froid; elle rend la distribution plus uniforme; mais il serait impossible que l'action de l'atmosphère suppléât à cette cause universelle qui entretient la température commune des espaces planétaires; et si cette cause n'existait point, on observerait, nonobstant l'effet de l'atmosphère et des mers, des différences énormes entre les températures des régions équatoriales et celle des poles.

Il est difficile de connaître jusqu'à quel point l'atmosphère influe sur la température moyenne du globe, et l'on cesse d'être guidé dans cet examen par une théorie mathématique régulière. On doit au célèbre voyageur M. de Saussure une expérience capitale qui paraît très-propre à éclairer cette question. Elle consiste à exposer aux rayons du soleil un vase couvert d'une ou de plusieurs lames de verre bien transparent, placées à quelque distance les unes au-dessus des autres. L'intérieur du vase est garni d'une enveloppe épaisse de liége noirci, propre à recevoir et à conserver la chaleur. L'air échauffé est contenu de toutes parts, soit dans l'intérieur de la boîte, soit dans chaque intervalle compris entre deux plaques. Des thermomètres placés dans ce vase et dans les intervalles supérieurs marquent le degré de chaleur acquise dans chacune de ces capacités. Cet instrument a été exposé au soleil vers l'heure de midi, et l'on a vu, dans diverses expériences, le thermomètre du vase s'élever à 70, 80, 100, 110 degrés et au-delà (division octogésimale). Les thermomètres placés dans les intervalles ont acquis des degrés de chaleur beaucoup moindres, et qui décroissaient depuis le fond de la boîte jusqu'à l'intervalle supérieur.

L'effet de la chaleur solaire sur l'air contenu par des enveloppes transparentes avait été depuis long-temps observé. L'appareil que nous venons de décrire a pour objet de porter la chaleur acquise à son *maximum*, et surtout de comparer l'effet solaire sur une montagne très-élevée à celui qui avait lieu dans une plaine inférieure. Cette observation est principalement remarquable par les conséquences justes et étendues que

l'inventeur en a tirées : elle a été répétée plusieurs fois à Paris et à Edimburg, et a donné des résultats analogues.

La théorie de cet instrument est facile à concevoir. Il suffit de remarquer, 1°. que la chaleur acquise se concentre, parce qu'elle n'est point dissipée immédiatement par le renouvellement de l'air ; 2°. que la chaleur émanée du soleil a des propriétés différentes de celles de la chaleur obscure. Les rayons de cet astre se transmettent en assez grande partie au-delà des verres dans toutes les capacités et jusqu'au fond de la boîte. Ils échauffent l'air et les parois qui le contiennent : alors leur chaleur ainsi communiquée cesse d'être lumineuse ; elle ne conserve que les propriétés communes de la chaleur rayonnante obscure. Dans cet état, elle ne peut traverser les plans de verre qui couvrent le vase ; elle s'accumule de plus en plus dans une capacité enveloppée d'une matière très-peu conductrice, et la température s'élève jusqu'à ce que la chaleur affluente soit exactement compensée par celle qui se dissipe. On vérifierait cette explication, et l'on en rendrait les conséquences plus sensibles, si l'on variait les conditions, en employant des verres colorés ou noircis, et si les capacités qui contiennent les thermomètres étaient vides d'air. Lorsqu'on examine cet effet par le calcul, on trouve des résultats entièrement conformes à ceux que les observations ont donnés. Il est nécessaire de considérer attentivement cet ordre de faits et les résultats du calcul lorsqu'on veut connaître l'influence de l'atmosphère et des eaux sur l'état thermométrique du globe terestre.

En effet, si toutes les couches d'air dont l'atmosphère est formée conservaient leur densité avec leur transparence, et perdaient seulement la mobilité qui leur est propre, cette masse d'air ainsi devenue solide, étant exposée aux rayons du soleil, produirait un effet du même genre que celui que l'on vient de décrire. La chaleur, arrivant à l'état de lumière jusqu'à la terre solide, perdrait tout-à-coup et presqu'entièrement la faculté qu'elle avait de traverser les solides diaphanes; elle s'accumulerait dans les couches inférieures de l'atmosphère, qui acquerraient ainsi des températures très-élevées. On observerait en même temps une diminution du degré de chaleur acquise, à partir de la surface de la terre. La mobilité de l'air qui se déplace rapidement dans tous les sens et qui s'élève lorsqu'il est échauffé, le rayonnement de la chaleur obscure dans l'air diminuent l'intensité des effets qui auraient lieu sous une atmosphère transparente et solide, mais ne dénaturent point entièrement ces effets. Le décroissement de la chaleur dans les régions élevées de l'air ne cesse point d'avoir lieu, et la température peut être augmentée par l'interposition de l'atmosphère, parce que la chaleur trouve moins d'obstacle pour pénétrer l'air, étant à l'état de lumière, qu'elle n'en trouve pour repasser dans l'air lorsqu'elle est convertie en chaleur obscure.

Nous considérerons maintenant la chaleur propre que le globe terrestre possédait aux époques où les planètes ont été formées, et qui continue de se dissiper à la surface sous l'influence de la température froide du ciel planétaire.

L'opinion d'un feu intérieur, cause perpétuelle de

plusieurs grands phénomènes, s'est renouvelée dans tous les âges de la philosophie. Le but que l'on se propose aujourd'hui, et que les derniers progrès des sciences mathématiques nous permettent d'atteindre, est de connaître exactement suivant quelles lois une sphère solide, échauffée par une très-longue immersion dans un milieu, perdrait successivement cette chaleur primitive si elle était transportée dans un espace d'une température constante inférieure à celle du premier milieu. Nous avons principalement en vue, dans cette recherche, de reconnaître si la température actuelle de la superficie du globe peut encore subir des changemens sensibles.

La forme du sphéroïde terrestre, la disposition régulière des couches intérieures rendue manifeste par les expériences du pendule, leur densité croissante avec la profondeur et diverses autres considérations concourent à prouver qu'une chaleur très-intense a pénétré autrefois toutes les parties du globe. Cette chaleur se dissipe par l'irradiation dans l'espace environnant dont la température est très-inférieure à celle de la congélation de l'eau. Or, l'expression mathématique de la loi du refroidissement montre que la chaleur primitive contenue dans une masse sphérique d'une aussi grande dimension que la terre diminue beaucoup plus rapidement à la superficie que dans les parties situées à une grande profondeur. Celles-ci conservent presque toute leur chaleur durant un temps immense; et il n'y a aucun doute sur la vérité des conséquences, parce que nous avons calculé ces temps pour des substances métalliques plus conductrices que les matières du globe.

Mais il est évident que la théorie seule ne peut nous enseigner que les lois auxquelles les phénomènes sont assujettis. Il reste à examiner si, dans les couches du globe où nous pouvons pénétrer, on trouve quelqu'indice de cette chaleur centrale. Il faut vérifier, par exemple, si au-dessous de la surface, à des distances où les variations diurnes et annuelles ont entièrement cessé, les températures des points d'une verticale prolongée dans la terre solide augmentent avec la profondeur : or, toutes les observations qui ont été recueillies et discutées par les plus savans physiciens de nos jours nous apprennent que cet accroissement subsiste : il a été estimé d'environ un dégré pour 30 ou 40 mètres. Les expériences dont on a entretenu récemment l'Académie, et qui concernent la chaleur des sources, confirment les résultats précédemment observés.

La question théorique que nous nous sommes proposée a pour objet de découvrir les conséquences certaines que l'on peut déduire de ce seul fait, en l'admettant comme donné par l'observation directe, et de prouver qu'il détermine, 1°. la situation de la source de chaleur; 2°. l'excès de température qui subsiste encore à la surface.

Il est facile de conclure et il résulte d'ailleurs d'une analyse exacte, que l'augmentation de température dans le sens de la profondeur ne peut être produite par l'action prolongée des rayons du soleil. La chaleur émanée de cet astre s'est accumulée dans l'intérieur du globe; mais le progrès a cessé presqu'entièrement; et si l'accumulation continuait encore, on observerait l'accrois-

sement dans un sens précisément contraire à celui que nous venons d'indiquer.

La cause qui donne aux couches plus profondes une plus haute température est donc une source intérieure de chaleur constante ou variable placée au-dessous des points du globe où l'on a pu pénétrer. Cette cause élève la température de la surface terrestre au-dessus de la valeur que lui donnerait la seule action du soleil. Mais cet excès de la température de la superficie est devenu presqu'insensible, et nous en sommes assurés parce qu'il existe un rapport mathématique entre la valeur de l'accroissement par mètre, et la quantité dont la température de la surface excède encore celle qui aurait lieu si la cause intérieure dont il s'agit n'existait pas. C'est pour nous une même chose de mesurer l'accroissement par unité de profondeur, ou de mesurer l'excès de température de la surface.

Dans un globe de fer, l'accroissement d'un trentième de degré par mètre donnerait seulement un quart de degré centésimal pour l'élévation actuelle de la température de la surface. Cette élévation est en raison directe de la conducibilité propre de la substance dont l'enveloppe est formée, toutes les autres conditions demeurant les mêmes. Ainsi l'excès de température que la surface terrestre a présentement en vertu de cette source intérieure est très-petit; il est vraisemblablement au-dessous d'un trentième de degré centésimal. Il faut bien remarquer que cette dernière conséquence s'applique à toutes les suppositions que l'on pourrait faire sur la nature de la cause, soit qu'on la regarde comme locale ou universelle, constante ou variable.

Lorsqu'on examine attentivement et selon les principes des théories dynamiques toutes les observations relatives à la figure de la terre, on ne peut douter que cette planète n'ait reçu à son origine une température très-élevée, et, d'un autre côté, les observations thermométriques montrent que la distribution actuelle de la chaleur dans l'enveloppe terrestre est précisément celle qui aurait lieu si le globe avait été formé dans un milieu d'une très-haute température, et qu'ensuite il se fût continuellement refroidi : il importe de remarquer cet accord des deux genres d'observations.

La question des températures terrestres nous a toujours paru un des plus grands objets des études cosmologiques, et nous l'avions principalement en vue en établissant la théorie mathématique de la chaleur. Dès l'origine de nos recherches, nous avons desiré connaître la loi des températures intérieures d'une sphère solide primitivement échauffée par son immersion dans un milieu, et qui est apportée dans un milieu froid. Le Mémoire de 1807, déjà cité, contient la solution complète de cette question qui n'avait jamais été traitée.

Nous avons donc déterminé l'état variable d'un globe formé d'une substance dont les qualités spécifiques étaient connues par nos expériences, et qui, après avoir été long-temps plongé dans un milieu échauffé, est transporté dans un espace froid. Nous avons considéré aussi l'état variable d'une sphère qui, ayant été plongée successivement et durant un temps quelconque dans deux ou plusieurs milieux de températures diverses, subirait un refroidissement final dans un espace de température constante. Après avoir remar-

que les conséquences générales de la solution de cette question, nous avons examiné plus spécialement le cas où la température primitive acquise dans le milieu échauffé serait devenue commune à toute la masse; et attribuant à la sphère solide une dimension extrêmement grande, nous avons cherché quelles seraient les diminutions progressives de la température dans les couches les plus voisines de la surface. Si l'on applique les résultats de cette analyse au globe terrestre pour connaître quels seraient les effets successifs d'une formation initiale semblable à celle que l'on vient de considérer, on voit que l'accroissement d'un trentième de degré par mètre, considéré comme résultant de la chaleur centrale, a été autrefois beaucoup plus grand, qu'il varie maintenant avec une lenteur extrême, et qu'il s'écoulera plus de trente mille années avant qu'il soit réduit à la moitié de sa valeur actuelle. Quant à l'excès de température de la surface, il varie suivant la même loi; la diminution séculaire ou la quantité dont il s'abaisse durant un siècle est égale à la valeur actuelle divisée par le double du nombre de siècles qui se sont écoulés depuis l'origine du refroidissement, et comme une limite de ce nombre nous est donnée par les monumens historiques, on en conclut que, depuis l'école grecque d'Alexandrie jusqu'à nous, la température de la surface terrestre n'a pas diminué, pour cette cause, de la trois centième partie d'un degré. On retrouve ici ce caractère de stabilité que présentent tous les grands phénomènes de l'univers. Cette stabilité est d'ailleurs un résultat nécessaire, et indépendant de toute considération de l'état initial, puisque l'excès actuel de la tempéra-

ture est extrêmement petit, et qu'il diminuera pendant un temps infiniment prolongé.

L'effet de la chaleur primitive que le globe a conservée est donc devenu pour ainsi dire insensible à la superficie de l'enveloppe terrestre ; mais il se manifeste dans les profondeurs accessibles, puisque la température des couches augmente avec leur distance à la surface. Cet accroissement, rapporté à l'unité de mesure, n'aurait pas la même valeur à des profondeurs beaucoup plus grandes : il diminue avec cette profondeur ; mais la même théorie nous montre que la température excédante, qui est presque nulle à la dernière surface, peut être énorme à la distance de quelques myriamètres, en sorte que la chaleur des couches intermédiaires pourrait surpasser beaucoup celle des matières incandescentes.

Le cours des siècles apportera de grands changemens dans ces températures intérieures ; mais à la surface ces changemens sont accomplis, et la déperdition continuelle de la chaleur propre ne peut occasioner désormais aucun refroidissement du climat.

Il est important d'observer que la température moyenne d'un lieu peut subir, pour d'autres causes accessoires, des variations incomparablement plus sensibles que celles qui proviendraient du refroidissement séculaire du globe.

L'établissement et le progrès des sociétés humaines, l'action des forces naturelles peuvent changer notablement, et dans de vastes contrées, l'état de la surface du sol, la distribution des eaux et les grands mouvemens de l'air. De tels effets sont propres à faire varier, dans

le cours de plusieurs siècles, le degré de la chaleur moyenne ; car les expressions analytiques comprennent des coefficiens qui se rapportent à l'état superficiel et qui influent beaucoup sur la valeur de la température.

Quoique l'effet de la chaleur intérieure ne soit plus sensible à la surface de la terre, la quantité totale de cette chaleur qui se dissipe dans un temps donné, comme une année ou un siècle, est mesurable, et nous l'avons déterminée : celle qui traverse durant un siècle un mètre carré de superficie et se répand dans les espaces célestes, pourrait fondre une colonne de glace qui aurait pour base ce mètre carré et une hauteur d'environ 3 mètres.

Cette conséquence dérive d'une proposition fondamentale qui appartient à toutes les questions du mouvement de la chaleur, et qui s'applique surtout à celle des températures terrestres : je veux parler de l'équation différentielle qui exprime pour chaque instant l'état de la surface. Cette équation, dont la vérité est sensible et facile à démontrer, établit une relation simple entre la température d'un élément de la surface et le mouvement normal de la chaleur. Ce qui rend ce résultat théorique très-important et plus propre qu'aucun autre à éclairer les questions qui sont l'objet de ce Mémoire, c'est qu'il subsiste indépendamment de la forme et des dimensions des corps, et quelle que soit la nature des substances homogènes ou diverses dont la masse intérieure serait composée. Ainsi les conséquences que l'on déduit de cette équation sont absolues ; elles subsistent, quelque puissent être la constitution matérielle et l'état originaire du globe.

Nous avons publié, dans les *Annales de Chimie et*

de Physique, l'extrait d'un Mémoire qui n'a pas encore été imprimé, et qui a pour objet d'appliquer au globe terrestre l'analyse du mouvement de la chaleur dans une sphère ou un solide plan de très-grandes dimensions. On a rapporté dans l'extrait les formules principales, et notamment celles qui expriment l'état variable du solide uniformément échauffé jusqu'à une profondeur déterminée et très-grande, ou dans toute sa profondeur. Si la température initiale, au lieu d'être la même jusqu'à une très-grande distance de la surface, résulte d'une immersion successive dans plusieurs milieux, les conséquences ne sont ni moins simples ni moins remarquables. Au reste, ce cas et plusieurs autres que nous avons considérés sont comprisdans les expressions générales qui ont été rapportées.

Après avoir expliqué séparément les principes de la question des températures terrestres, il faut réunir sous un point de vue général tous les effets que l'on vient de décrire, et par là on se formera une juste idée de l'ensemble des phénomènes.

La terre reçoit les rayons du soleil, qui pénètrent sa masse et s'y convertissent en chaleur obscure; elle possède aussi une chaleur propre qu'elle tient de son origine, et qui se dissipe continuellement à la superficie; enfin, cette planète reçoit des rayons de lumière et de chaleur des astres innombrables parmi lesquels le système solaire est placé. Voilà les trois causes générales qui déterminent les températures terrestres. La troisième, c'est-à-dire, l'influence des astres, équivaut à la présence d'une enceinte immense fermée de toutes parts, dont la température constante serait peu infé-

rieure à celle que nous observerions dans les contrées polaires.

On pourrait sans doute supposer à la chaleur rayonnante des propriétés jusqu'ici inconnues, qui tiendraient lieu en quelque sorte de cette température fondamentale que nous attribuons à l'espace; mais dans l'état actuel des sciences physiques et sans recourir à d'autres propriétés que celles qui dérivent d'observations positives, tous les faits connus s'expliquent naturellement. Il suffit de se représenter que les corps planétaires sont dans un espace dont la température est constante. Nous avons donc cherché quelle devrait être cette température pour que les effets thermométriques fussent semblables à ceux que nous observons : or ils en différeraient entièrement si l'on admettait un froid absolu de l'espace; mais si l'on élève progressivement la température commune de l'enceinte qui enfermerait cet espace, on voit naître des effets semblables à ceux que nous connaissons. On peut donc affirmer que les phénomènes actuels sont ceux qui seraient produits si le rayonnement des astres donnait à tous les points de l'espace planétaire la température indiquée.

La chaleur primitive intérieure, qui n'est point encore dissipée, ne produit plus qu'un effet très-petit à la surface du globe terrestre; elle se manifeste, par une augmentation de température, dans les couches profondes. A de plus grandes distances de la surface, elle peut surpasser les plus hautes températures que l'on ait encore mesurées.

L'effet des rayons solaires est périodique dans les couches superficielles de l'enveloppe terrestre; il est

fixe dans tous les lieux profonds. Cette température fixe des parties inférieures n'est point la même pour toutes ; elle dépend principalement de la latitude du lieu.

La chaleur solaire s'est accumulée dans l'intérieur du globe, dont l'état est devenu invariable. Celle qui pénètre par les régions équatoriales est exactement compensée par la chaleur qui s'écoule à travers les régions polaires. Ainsi la terre rend aux espaces célestes toute la chaleur qu'elle reçoit du soleil, et elle y ajoute une partie de celle qui lui est propre.

Tous les effets terrestres de la chaleur du soleil sont modifiés par l'interposition de l'atmosphère et par la présence des eaux. Les grands mouvemens de ces fluides rendent la distribution plus uniforme.

La transparence des eaux et celle de l'air paraissent concourir à augmenter le degré de chaleur acquise, parce que la chaleur lumineuse affluente pénètre assez facilement dans l'intérieur de la masse, et que la chaleur obscure sort plus difficilement suivant une route contraire.

Les alternatives des saisons sont entretenues par une quantité immense de chaleur solaire qui oscille dans l'enveloppe terrestre, passant au-dessous de la surface durant six mois, et retournant de la terre dans l'air pendant l'autre moitié de l'année. Rien ne peut contribuer davantage à éclairer cette partie de la question que les expériences qui ont pour objet de mesurer avec précision l'effet produit par les rayons du soleil à la surface terrestre. C'est pourquoi nous avons entendu avec le plus grand intérêt la lecture du Mémoire présenté par M. le professeur Pouillet ; et si, dans le cours de cet

écrit, nous n'avons point fait mention de ses recherches expérimentales, c'est uniquement pour ne pas anticiper sur le rapport qui doit en être fait.

J'ai réuni, dans ce Mémoire, tous les élémens principaux de l'analyse des températures terrestres. Il est formé des résultats de mes recherches, depuis longtemps publiées. Lorsque j'ai entrepris de traiter ce genre de questions, il n'existait aucune théorie mathématique de la chaleur, et l'on pouvait même douter qu'une telle théorie fût possible. Les Mémoires et ouvrages où j'ai établi cette théorie et qui contiennent la solution exacte des questions fondamentales ont été remis et communiqués publiquement, ou imprimés, et analysés dans les Recueils scientifiques depuis plusieurs années. Ce dernier écrit a un autre objet, celui d'appeler l'attention sur une des plus grandes questions de la physique, et de présenter les vues et les conséquences générales. Il serait impossible de résoudre tous les doutes dans une matière aussi étendue qui comprend, outre les résultats d'une analyse difficile et nouvelle, des considérations physiques très-variées. On multipliera par la suite les observations exactes; on étudiera les lois du mouvement de la chaleur dans les liquides et dans l'air. On découvrira peut-être d'autres propriétés de la chaleur rayonnante, ou des causes qui modifient les températures du globe. Mais toutes les lois principales du mouvement de la chaleur sont connues; cette théorie, qui repose sur des fondemens invariables, forme une nouvelle branche des sciences mathématiques : elle se compose aujourd'hui des équations différentielles du mouvement de la chaleur dans les solides et dans les liquides, des inté-

grales de ces premières équations, et des théorêmes relatifs à l'équilibre de la chaleur rayonnante.

Ces théories acquerront à l'avenir beaucoup plus d'étendue, et rien ne contribuera plus à les perfectionner que des séries nombreuses d'expériences précises; car l'analyse mathématique (qu'il nous soit permis de reproduire ici cette réflexion) (1) peut déduire des phénomènes généraux et simples l'expression des lois de la nature; mais l'application de ces lois à des effets très-composés exige une longue suite d'observations exactes.

SUITE

Du Mémoire de M. Berzelius *concernant les Recherches sur l'Acide fluorique et ses combinaisons les plus remarquables.*

Capacité de saturation de l'acide fluorique. J'avais trouvé anciennement que 100 parties de fluate de chaux le plus pur en donnaient 173,63 de sulfate de chaux, et j'avais conclu de ce résultat la capacité de l'acide. D'après l'analyse de beaucoup de sels doubles de l'acide fluorique avec la silice et d'autres bases, que je ferai connaître plus tard, j'ai trouvé des quantités plus grandes que le calcul ne l'indiquait, et cela m'a déterminé à faire de nouvelles recherches. Je possédais encore le même échantillon de fluate du Derbyshire, qui avait

---

(1) Discours préliminaire de la Théorie analytique de la chaleur.

servi à mes premières expériences, et les résultats que j'en ai obtenus se sont trouvés si parfaitement d'accord avec les anciens, que je les ai regardés un moment comme incontestables. Mais ayant voulu chercher dans le spath-fluor, l'associé constant de l'acide fluorique, l'acide phosphorique, j'ai trouvé un demi pour cent de phosphate de chaux mêlé avec du phosphate de manganèse. J'ai reconnu ce mélange en faisant digérer le sulfate de chaux avec de l'acide muriatique : la dissolution a donné avec l'ammoniaque un précipité qui, débarrassé du sulfate de chaux par des lavages, a été reconnu au chalumeau pour les deux phosphates de chaux et de manganèse. Le spath-fluor ne contenait par conséquent que 99,5 parties de fluate de chaux, et le gypse que 173,13. Mais cette détermination pourrait bien encore n'être pas exacte, car la plus petite erreur dans la proportion des sels phosphoriques peut en produire une grande dans la capacité de saturation de l'acide fluorique. J'ai en conséquence préparé dans des vaisseaux de platine, avec mon spath-fluor et de l'acide sulfurique distillé, de l'acide fluorique pur que j'ai reçu dans de l'eau, jusqu'à ce qu'il commençât à la rendre fumante; et pour écarter toute possibilité de la présence de la silice, j'ai mis à part le premier quart de l'acide distillé, dans lequel la silice devait se trouver. C'est l'acide ainsi purifié qui a servi à la préparation de tous les fluates qui ont été décrits. J'en ai saturé une partie avec du carbonate de chaux, de manière qu'il en restât de libre dans la liqueur, et j'ai lavé le fluate de chaux dans un entonnoir de platine. Supposant encore que ce sel pouvait contenir de la silice, je l'ai mis à

froid avec de l'acide muriatique concentré ; au bout de quelque temps, j'ai ajouté de l'eau et j'ai lavé tant qu'elle a entraîné la moindre quantité de matière ; ce qui a demandé beaucoup de temps. Par ce procédé, si le fluate de chaux eût contenu la plus petite quantité de silice combinée avec la chaux et l'acide, à l'état de sel double, elle eût dû être entraînée. Comme preuve de l'absence de la silice dans le fluate de chaux, j'ai reconnu que la poussière de ce sel, humectée avec de l'acide fluorique pur, après avoir été rougie, ne développait pas la moindre chaleur, quoique la plus petite quantité de silice en donne d'une manière très-sensible. Le fluate de chaux ainsi préparé, digéré avec de l'acide sulfurique concentré, et chauffé au rouge jusqu'à expulsion entière de vapeurs acides, m'a donné, pour 100 parties, 174,9, 175 et 175,12 de sulfate de chaux. J'admets que la moyenne de ces trois nombres, savoir 175, approche le plus de la vérité. De tous les fluates que j'ai analysés, celui de chaux est le seul que j'aie pu débarrasser assez parfaitement des dernières portions de silice. D'après les résultats obtenus, ce sel est composé de :

Acide fluorique,	27,3145 ...	100 ;
Chaux,	72,6855	266,106 ;

et puisque les 266,106 de chaux contiennent 74,74 d'oxigène, ce dernier nombre exprime la capacité de saturation de l'acide fluorique. Le poids de l'atome de cet acide est 267,59, et celui du spath-fluor de 979,65, l'un et l'autre plus petits d'environ 7 unités que ceux donnés dans mes tables.

Peut-être pourrait-on dire, contre cette détermination,

que le nombre 267,59 n'est aucun multiple vrai du nombre 6,25 que l'on a adopté pour le poids de l'atome de l'hydrogène (1), et dont quelques physiciens croient que le poids de l'atome divise exactement celui de tous les autres corps. Mais parce que le poids de l'atome de l'hydrogène divise exactement celui de l'oxigène, et que ceux de quelques autres corps en sont à-peu-près des multiples, je ne vois pas que ce principe soit encore démontré. Le nombre 6,25 est si petit en comparaison des poids des atomes de la plupart des autres corps, que les erreurs d'observation peuvent souvent être plus grandes; ou du moins serait-il nécessaire d'apporter de plus fortes preuves que celles qu'on a données jusqu'à présent, pour décider quelle doit être l'opinion véritable. On ne connaît encore aucune circonstance physique qui puisse faire regarder ce rapport de multiplicité comme une nécessité des lois de la nature, et tant qu'on ne l'aura pas démontré, il sera permis de considérer le tout comme une pure supposition. Sous tous les rapports, l'ancien poids de l'atome du spath-fluor, 275, qui est exactement un multiple de 6,25 par 44, est trop fort : si l'on veut rectifier ce poids d'après la supposition que nous venons de développer, on le changera en 268,75; ce qui n'est qu'un

---

(1) D'ailleurs, d'après les expériences que j'ai faites avec M. Dulong sur la composition de l'eau et sur la densité de l'hydrogène, le poids de l'atome d'hydrogène est de 6,2177, comme je l'ai donné dans mes tables. Il est évident qu'une très-petite erreur dans le nombre 6,25 détruirait entièrement le principe supposé.

changement peu important, mais cependant un peu arbitraire, l'expérience même ne l'ayant pas donné ainsi.

Sels doubles de l'acide fluorique avec deux bases salifiables.

Les fluates acides formés par les alcalis ont une grande tendance à se combiner avec les bases salifiables et à leur céder l'excès de leur acide; toutefois cette tendance n'est pas si générale que cela se fasse avec toutes les bases par la voie humide; mais quelques fluates se divisent d'une manière tout-à-fait déterminée par la précipitation ou par la cristallisation en deux fluates différens. Le fluate de potasse et celui de soude ne se combinent point, et si l'on sature avec l'ammoniaque un de ces sels rendu acide, et que l'on évapore ensuite, même sans chaleur, on obtient de nouveau le fluate acide sans altération.

Je n'ai point donné à ces combinaisons doubles toute l'attention qu'elles méritent peut-être, et j'ai borné en général mes recherches à l'existence de cette tendance à former des sels doubles sans examiner les diverses combinaisons qui doivent en résulter. Quelques-uns de ces sels sont peu solubles et, par cela même, d'autant plus faciles à observer.

Un des plus intéressans de ces sels doubles (lorsqu'on fait exception de ceux formés par la silice) est le fluate de soude et d'alumine que l'on trouve dans la nature, et que l'on désigne par le nom de *cryolithe*, mais que l'on peut aussi produire artificiellement. Que l'on ajoute à une dissolution de fluate acide de soude de l'hydrate d'alumine par petites portions, jusqu'à ce que l'acidité

disparaisse ; le liquide n'est presque que de l'eau pure, et ne donne par l'évaporation qu'une mince pellicule du sel double qui y était resté en dissolution. Mais puisque le fluate de soude et même celui d'alumine sont, chacun isolément, solubles dans l'eau, c'est une preuve que la combinaison précipitée doit être formée de proportions telles de chaque sel qu'il y ait dans chacun d'eux la même quantité d'acide; car autrement un des sels devrait être en excès dans le liquide. Si l'on mêle à une dissolution de fluate neutre de soude une portion d'hydrate d'alumine, et que l'on fasse digérer le mélange dans un vase fermé, l'hydrate change promptement d'aspect; il se réunit en une masse demi-transparente, et le liquide devient très-alcalin. Si l'on opère dans un vaisseau ouvert, l'alcali attire l'acide carbonique de l'air; l'alumine prend une moitié de l'acide fluorique et se combine avec l'autre à l'état de sel double insoluble. Par la dessiccation, ce sel devient blanc et pulvérulent, et perd tout-à fait son apparence gélatineuse. Pour me convaincre que c'était effectivement la même combinaison que la cryolithe, j'en ai fait l'analyse. A une chaleur rouge, il n'a point donné d'eau ni d'acide fluorique silicé. 100 parties ont été digérées avec de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus d'acide fluorique : la masse a été ensuite dissoute dans l'eau, et la dissolution a été précipitée par l'ammoniaque. J'ai obtenu 24,4 parties d'alumine. La liqueur évaporée et le sulfate de soude débarrassé, par une chaleur rouge, du sulfate d'ammoniaque et de l'excès d'acide, j'ai obtenu 101 parties de sulfate de soude fondu, représentant 44,25 parties de soude.

Il reste pour l'acide fluorique et pour la perte 31,35 parties. Cette composition est d'accord avec la formule $3\ddot{N}a\ddot{F}+\dddot{A}l^2\ddot{F}^3$, dans laquelle les deux bases contiennent la même quantité d'oxigène et d'acide fluorique.

On obtient une combinaison analogue avec l'alumine et le fluate de potasse; mais il paraît qu'elle n'est pas aussi intime que la précédente, car une dissolution étendue de fluate de potasse dissout à froid l'hydrate d'alumine sans en être troublée. Elle a la saveur des sels alumineux, et lorsqu'on y a mis assez d'hydrate pour saturer l'acide, elle retient une grande partie de fluate de potasse, que l'on peut obtenir après avoir filtré et évaporé. Mais si l'on fait bouillir la dissolution ou si on l'évapore avec l'hydrate, alors le sel insoluble se forme, le liquide devient alcalin, et finalement, lorsque la quantité d'hydrate est suffisante, on a une dissolution d'alumine ou du sel double dans la potasse que l'on peut précipiter, après avoir filtré, par le sel ammoniac. Le sel double est demi-transparent; mais, après la dessiccation, il devient blanc et pulvérulent. MM. Thenard et Gay-Lussac disent qu'une dissolution d'alun est précipitée par le fluate de potasse : cela est vrai, lorsqu'on instille la dissolution d'alun dans le fluate de potasse; mais l'inverse n'a pas lieu : car, lorsqu'on ajoute le fluate par petites portions à la dissolution d'alun, le liquide reste transparent jusqu'à ce que la quantité de potasse ajoutée soit suffisante pour former avec l'alumine le fluate double peu soluble. Immédiatement avant ce terme, le précipité qui se forme dispa-

raît à l'instant, et ce n'est point du fluate d'alumine, mais le sel double. C'est encore ce composé, mêlé avec de l'alumine, que l'on obtient dans toutes les analyses où l'acide fluorique et l'alumine se trouvent réunis, et où l'on emploie de la potasse ou de la soude pour la décomposition du minéral. Si l'on expose ensuite le précipité à une très-haute température, l'acide fluorique se sépare de l'alumine, et l'on obtient sur les bords du couvercle du creuset le sublimé ordinaire de silice et d'un peu d'alumine qui se présente dans les analyses semblables. Ce sublimé tient à ce que l'acide, en se dégageant, entraîne avec lui de l'alumine et la silice qui s'y trouve cachée; mais les deux substances s'en séparent de nouveau lorsque l'acide, en sortant du creuset, rencontre l'eau formée par l'hydrogène des matériaux de la combustion.

Le *fluate d'ammoniaque* forme aussi un composé analogue. Si le sel est neutre, l'ammoniaque se dégage, et finalement l'on obtient une masse demi-transparente semblable à de la silice, qui est un fluate double d'ammoniaque et d'alumine. En filtrant le liquide, le sel qui n'a pas été décomposé s'écoule ; et lorsque la partie qui n'a pas été dissoute est lavée avec de l'eau pure, on voit se troubler ce qui a déjà été filtré. Cette combinaison est en effet soluble à un certain degré dans l'eau pure ; mais elle est insoluble dans le fluide où elle s'est précipitée. On ne peut, par de très-longs lavages, la dissoudre entièrement ; la dissolution précipite par l'ammoniaque. Après avoir été desséchée, elle est blanche et pulvérulente ; la chaleur en dégage d'abord de l'ammoniaque, puis du fluate acide d'ammoniaque, et il

reste du fluate basique d'alumine. Les sels doubles avec la potasse et la soude ne sont point décomposés par la chaleur. Ils sont aussi un peu solubles dans l'eau, mais beaucoup moins que celui d'ammoniaque, et le sel double de potasse est presque insoluble, de sorte qu'on peut le laver sans perte.

On sait déjà que la lithine forme avec l'acide fluorique et l'alumine un sel double insoluble, que l'on trouve mêlé dans l'amblygonite avec un sel semblable basique formé par l'acide phosphorique, l'alumine et la lithine.

Le fluate d'alumine a la même disposition à former des sels doubles avec les fluates métalliques. J'ai examiné ceux de cuivre, de zinc et de nickel. Ces sels sont solubles dans l'eau, et même en général plus que les sels métalliques simples; ils ne se décomposent point, comme ces derniers, en les redissolvant dans l'eau, quoiqu'ils partagent la propriété des sels alumineux d'être dissous très-lentement par l'eau froide quand ils sont à l'état solide. Ces trois sels cristallisent par évaporation spontanée en longues aiguilles prismatiques, dont la dissolution dans l'eau est précipitée par l'ammoniaque : le précipité est un aluminate de l'oxide.

Je n'ai pas examiné davantage cette série de sels doubles, et je n'ai eu ici d'autre intention que de faire remarquer la tendance de l'acide fluorique, combiné avec des oxides qui n'ont eux-mêmes qu'une faible disposition à jouer le rôle d'acide, à former avec d'autres fluates des sels doubles dans lesquels l'oxide électro-négatif ou l'acide le plus faible se trouve comme base et non comme acide : dans la suite, nous verrons des

exemples de cette espèce. D'autres fluates donnent des séries semblables à celle que donne l'alumine, en se combinant avec des bases qui contiennent trois atomes d'oxigène, comme, par exemple, avec l'oxidule de chrôme et le peroxide de fer. En général, les sels doubles avec ces bases sont insolubles ou peu solubles. Ordinairement les sels insolubles se précipitent lorsque le mélange qui les produit est exposé à l'action de la chaleur. Les fluates doubles d'oxidule de chrôme et d'alcali sont pulvérulens et d'un vert d'herbe; ceux de peroxide de fer sont d'un jaune de paille pâle ou presque blancs.

Les fluates acides à base d'alcali égalent les sulfates acides, les tartrates et les oxalates à base de potasse et de soude, dans leur propriété de former des sels doubles particuliers avec d'autres bases, et particulièrement avec les oxides métalliques. J'ai examiné sous ce rapport les sels doubles de fer, de cuivre, de nickel, de cobalt, de manganèse et de zinc. Ces sels doubles sont en général peu solubles et cristallisent en cristaux grenus : ceux-ci, lors même qu'ils sont formés par des oxides colorans, sont si peu colorés qu'ils le paraissent à peine. Les fluates d'alcali se combinent aussi au fluate de platine, mais ils sont d'une couleur plus foncée que ce dernier. Ils cristallisent difficilement, même lorsque leur dissolution est très-concentrée, et donnent des cristaux d'un brun sombre, insolubles dans l'esprit-de-vin.

Le fluate d'urane donne avec les autres fluates des sels doubles qui ont la plupart une grande tendance à la solubilité. Les fluates doubles avec les alcalis donnent des cristaux d'une couleur jaune. Le fluate d'anti-

moine donne aussi des sels doubles qui se dissolvent dans l'eau et cristallisent, mais qui sont moins solubles que ceux du fluate d'antimoine. Je n'ai examiné ces sels qu'autant qu'il était nécessaire pour me convaincre de leur existence. La différence que l'on trouve en quelques endroits entre la description que j'ai donnée des fluates et celle que l'on doit à MM. Gay-Lussac et Thenard vient en général de ce que ces chimistes, pour obtenir plusieurs fluates, se sont servis des doubles décompositions, et qu'ils ont obtenu par là des fluates doubles au lieu de fluates simples.

(La suite au Cahier prochain.)

Sur *la Décomposition des Sulfates métalliques par l'hydrogène.*

Par Mr J.-A. Arfvedson.

(Extrait.)

L'appareil qui a servi pour toutes les expériences était formé d'un tube de baromètre, d'un verre peu fusible, dans le milieu duquel était soufflée une boule où l'on plaçait le sulfate à décomposer. L'hydrogène était desséché par le chlorure de calcium, de même que l'hydrogène sulfuré lorsqu'on en a fait usage.

Réduction du sulfate de manganèse. Ce sel, déjà privé de son eau de cristallisation, a été chauffé dans l'appareil jusqu'à expulsion de toute trace d'humidité; on a fait ensuite passer de l'hydrogène dans l'appareil, et lorsque tout l'air atmosphérique en a été chassé, on

l'a placé sur une lampe d'Argant à esprit-de-vin. Avant une chaleur rouge faible, la masse ne change pas; mais, à cette température, elle commence à devenir brune en donnant beaucoup d'eau et d'acide sulfureux. Après le refroidissement de l'appareil, resté pendant ce temps constamment rempli d'hydrogène, on a obtenu une poudre d'un vert clair, qui s'est dissoute sans effervescence dans l'acide muriatique avec dégagement d'hydrogène sulfuré, et dont la dissolution n'a point été troublée par les sels de baryte. Le sulfate avait été par conséquent entièrement décomposé. D'après le résultat moyen de trois expériences, 100 parties de sulfate anhydre de manganèse ont perdu 47,22. Le résidu ne pouvait être un sulfure simple de manganèse, puisqu'il s'était dégagé de l'acide sulfureux, ni un bi-sous-sulfure; car, dans ce cas, la perte eût dû s'élever à 52,32. Je regardai alors comme possible qu'il fût analogue au crocus d'antimoine. Le rapport le plus simple, d'après lequel une telle combinaison puisse être formée, est un atome de sulfure et un atome d'oxide; et, dans cette supposition, la perte aurait dû être 47,09; ce qui est presque exactement le même résultat qu'a donné l'expérience.

Pour vérifier cette supposition, il restait à faire l'analyse du sulfate décomposé par l'hydrogène ou de l'*oxisulfure* de manganèse. 100 parties, calcinées dans un creuset de platine jusqu'à l'expulsion totale du soufre, ont donné, dans une première expérience, 96,39 d'oxide brun, et, dans une seconde, 96,15. Cet oxide s'est dissous sans résidu dans l'acide muriatique, et la dissolution n'a point été troublée par les sels de baryte. D'après

le calcul, 100 parties d'oxi-sulfure en auraient laissé 96,58 d'oxide brun; ce qui confirme la supposition qui avait été faite.

Cependant, pour me satisfaire entièrement sur la présence de l'oxide de manganèse dans ce composé, j'en ai traité une portion par l'hydrogène sulfuré. L'oxide de manganèse devait, dans ce cas, se changer en sulfure, et c'est effectivement ce qui est arrivé, et d'une manière si prompte que tout l'intérieur de la petite boule était recouvert d'eau avant qu'on eût employé l'action de la chaleur. L'opération terminée, on a obtenu, pour 100 parties d'oxi-sulfure, 109,54 de sulfure : le calcul donne 109,98.

L'oxi-sulfure de manganèse est d'un vert un peu plus clair que le protoxide; il est inaltérable à l'air. Il se distingue du sulfure de manganèse en ce qu'il est d'un vert beaucoup moins sombre et qu'il s'oxide moins facilement à l'air.

Il est composé de :

Manganèse,	70,26;
Soufre,	19,86;
Oxigène,	9,88;
	100,00;

ou de :

Sulfure de manganèse,	55,00;
Oxide de manganèse,	45,00.
	100,00.

Réduction du protoxide de manganèse par l'hydrogène sulfuré.

Le sulfure qu'on obtient est formé d'un atome de soufre et d'un atome de manganèse. On obtient le même

sulfure en réduisant le sulfate de manganèse par l'hydrogène sulfuré. Il paraît, par conséquent, d'après ces essais, que le manganèse ne peut, par la voie sèche, se combiner qu'avec un atome de soufre.

Carbonate de manganèse et soufre. Ces deux corps, chauffés ensemble dans un vase fermé, se convertissent en sulfure de manganèse, contenant toujours un peu de sulfate et plus ou moins d'oxidule; mais, en chauffant de nouveau le sulfure avec du soufre, on l'obtient exempt d'oxidule.

Sulfure de manganèse de Nagyag en Transylvanie. Ce sulfure, grillé au rouge sur une feuille de platine, jusqu'à ce qu'il ne diminuât plus de poids, a donné un résidu d'oxide brun de manganèse qui s'est dissous sans résidu dans l'acide muriatique, et la dissolution n'a pas été troublée par les sels de baryte. Il est formé, comme le sulfure artificiel, d'un atome de manganèse et d'un atome de soufre.

Réduction du sulfate de zinc par l'hydrogène. Il se dégage, comme avec le sulfate de manganèse, de l'acide sulfureux et de l'eau; bientôt la réduction est complète. Un peu avant ce terme, la masse se soulève et s'échauffe, et il se sublime du zinc. Le résidu est pulvérulent et d'un jaune de paille. Traité par l'hydrogène sulfuré, il donne beaucoup d'eau et se dissout dans l'acide muriatique avec dégagement d'hydrogène sulfuré sans précipiter la dissolution de baryte. C'est donc évidemment une combinaison de sulfure et d'oxide de zinc. 100 parties de sulfate desséché ont donné, dans trois expériences, les résidus suivans : 56,07, 58,23, 56,95. Ici, le poids de l'oxi-sulfure est plus grand qu'il ne devrait

être s'il était analogue à l'oxi-sulfure de manganèse ; car on n'aurait dû obtenir, dans cette supposition, que 52,52. A la vérité, une portion du zinc se sublime; mais elle est trop petite pour être prise en considération, et d'ailleurs elle ne pourrait que diminuer le résidu. Quoi qu'il en soit, il faut conclure que lorsque le sulfate de zinc est traité par le gaz hydrogène, il se décompose de manière qu'un peu plus de la moitié se change en sulfure et le reste en oxide, sans aucun rapport déterminé.

Le sulfure de zinc naturel est composé de :

Zinc,	66,34 ;
Soufre,	33,66,

ou d'un atome de soufre et d'un atome de zinc.

Réduction du sulfate de cobalt. On obtient les mêmes résultats qu'avec le sulfate de manganèse. Il se dégage de l'eau et de l'acide sulfureux, et le résidu, pour 100 de sulfate, est égal à 53,62, c'est-à-dire que la moitié du sulfate se change en sulfure et l'autre en oxide. En décomposant le sulfate de cobalt par le gaz hydrogène sulfuré, on obtient un sulfure contenant plus de soufre que le sulfure simple, et qui paraît formé d'un atome de sulfure simple et d'un atome de sulfure contenant un atome et demi de soufre.

Réduction du sulfate de nickel. Ce sel était pur et privé d'eau de cristallisation. Sa décomposition par l'hydrogène s'est faite aussi facilement que celle des sulfates précédens. Au commencement, il s'est dégagé de l'eau et de l'acide sulfureux; mais plus tard le gaz avait l'odeur de l'hydrogène sulfuré. 1g.,015 de sulfate ont

laissé 0g·,49 d'une substance métallique, cohérente, attirable à l'aimant, d'un jaune pâle, présentant çà et là des marques de fusion. Cette substance ne pouvait être un oxi-sulfure; car on sait que l'oxide est réduit facilement par l'hydrogène : l'analyse a montré qu'elle était composée de deux atomes de nickel et d'un atome de soufre.

En réduisant l'oxide de nickel par l'hydrogène sulfuré, on obtient un composé pulvérulent, d'un gris plus foncé que l'oxide, nullement attirable à l'aimant et infusible au degré de chaleur nécessaire pour fondre le sous-sulfure. 1g·,186 d'oxide ont produit 1g·,438 de sulfure; résultat qui prouve que le sulfure est composé d'un atome de soufre et d'un atome de nickel; car, par le calcul, au lieu de 1g·,438, on trouve 1g·,441.

Le sulfure naturel de nickel (*haarkieses*), que Klaproth avait trouvé formé de nickel, de cobalt et d'arsenic, mais que M. Berzelius avait reconnu au chalumeau pour du sulfure de nickel, sans en déterminer les proportions, est formé de :

Soufre,	34,26;
Nickel,	64,35;

c'est-à-dire, d'un atome de soufre et d'un atome de nickel; car, par le calcul, au lieu de 34,26 de soufre, on trouve 35,02. Il contient du cobalt, mais en quantité trop petite pour être appréciée : on y trouve à peine des traces d'arsenic.

Réduction du sulfate de protoxide de fer par l'hydrogène. Ce sel s'est comporté absolument de la même manière que le sulfate de zinc; il s'est d'abord formé de l'eau et de l'acide sulfureux, et, vers la fin de l'opé-

ration, de l'hydrogène sulfuré. Il est resté une masse pulvérulente, d'un gris sombre, très-attirable à l'aimant, soluble dans l'acide muriatique avec dégagement d'hydrogène sulfuré, et ne contenant pas d'acide sulfurique. 100 parties de sulfate anhydre ont laissé un résidu de 46,82. 0g.,367 de ce résidu, traités à une chaleur rouge par l'hydrogène sulfuré, ont augmenté de 0g.,107, sans qu'il se soit formé la moindre trace d'humidité ; ce qui prouve qu'il ne contenait pas d'oxigène. Ce résidu est un sous-sulfure de fer formé d'un atome de soufre et de deux de fer, qu'on n'avait pas obtenu jusqu'à présent. L'augmentation de poids qu'a donnée l'hydrogène sulfuré est plus grande que s'il se fût formé un sulfure simple; car 0,367 n'auraient dû produire que 0,450, et on a obtenu 0,474. Mais on sait, par les expériences de Stromeyer, que la pyrite magnétique, naturelle ou artificielle, n'est point le sulfure simple, mais qu'elle contient plus de soufre, et ne peut être représentée que par un atome de bi-sulfure, plus six atomes de sulfure. Ce composé contient 59,85 de fer et 40,15 de soufre, et, dans l'expérience citée, j'ai obtenu 59,7 et 40,3. C'est par conséquent la pyrite magnétique que j'ai obtenue en traitant par l'hydrogène sulfuré le résidu de l'action de l'hydrogène sur le sulfate de fer.

Le sulfate de fer basique que l'on obtient en versant dans le sulfate moins d'alcali qu'il n'en faut pour le décomposer entièrement, et qui est formé de deux atomes de base et d'un d'acide, étant traité par l'hydrogène, a perdu la moitié de son soufre et tout son oxigène. Il s'est par conséquent changé en un sous-sulfure formé de quatre atomes de fer et un de soufre.

Ainsi, aux sulfures déjà connus, le sulfure et le bisulfure, on peut ajouter le bi-sous-sulfure et le quadro-sous-sulfure.

Réduction du sulfate de plomb. Ce sel se réduit facilement par l'hydrogène en donnant d'abord de l'acide sulfureux, et ensuite de l'hydrogène sulfuré. Le produit est un mélange de plomb métallique et de sulfure : il paraît, d'après l'analyse qui en a été faite, qu'une moitié du sulfate se réduit entièrement, et que l'autre reste à l'état de sulfure. Je n'ai pas recherché si, à une haute température, l'hydrogène réduirait entièrement le sulfate; mais cela n'est pas probable, car nous savons, par les expériences de Berthier, que ce sel chauffé dans du charbon à une chaleur blanche donne toujours du plomb mêlé de sulfure.

Le sulfate de cuivre et celui de bismuth, traités par l'hydrogène, laissent du métal pur : le sulfate d'étain a donné de l'étain avec un peu de sulfure, et celui d'antimoine un mélange d'antimoine, d'oxide et de sulfure. (*Annalen der Physik und Chemie.* I.)

NOUVEAU COMPOSÉ *d'Iode, d'Azote et de Carbone ou Cyanure d'iode.*

PAR M. SERULLAS.

(MÉMOIRE présenté à l'Académie royale des Sciences, le 22 mars 1824.)

EN répétant quelques-unes des belles expériences de MM. Davy et Faraday sur la liquéfaction des gaz par la compression de leurs propres atmosphères, j'eus la

pensée qu'avec un moyen aussi puissant de comprimer les corps gazeux, on produirait peut-être entr'eux des combinaisons qu'on n'avait pas pu obtenir, ni sous la pression ordinaire, ni par des pressions mécaniques diversement employées dans ce but.

Je pris, comme présentant le moins de difficultés pour un essai de ce genre, l'iode et le cyanogène, deux corps qu'on n'est pas encore parvenu, que je sache, à associer chimiquement. La facilité avec laquelle on obtient le cyanogène du cyanure du mercure, sans le secours d'aucun agent autre que la chaleur, avait déterminé mon choix, en considérant ce dernier point comme très-avantageux pour une expérience dont l'appareil ne se serait prêté que difficilement à une complication d'actions : on sait que cet appareil consiste dans un simple tube de verre que l'on scelle hermétiquement à la lampe, après y avoir introduit les matériaux destinés à réagir les uns sur les autres à l'aide de la chaleur : c'est ce que j'ai fait pour les deux corps sur lesquels j'avais jeté mes vues.

Le résultat ayant répondu à mon attente, il était à croire, d'après les tentatives infructueuses que les auteurs nous indiquent avoir été faites pour combiner l'iode et le cyanogène, que leur union, dans cette circonstance, s'était opérée par l'influence de la pression à laquelle ils avaient été soumis ; mais je reconnus plus tard qu'elle n'y avait aucune part.

Ainsi les détails d'une expérience faite dans la persuasion que la pression y jouait le rôle principal, ont perdu tout leur intérêt dès qu'on a su que cette pression était inutile. Je ne parlerai donc que très-succinc-

tement des dispositions d'appareil auxquelles elle avait donné lieu, et seulement pour faire voir comment le corps nouveau s'y est montré pour la première fois.

12 grammes de cyanure de mercure bien sec et 6 grammes d'iode également desséché ont été introduits dans un tube de verre un peu fort, de 4 à 5 décimètres de long, et 15 à 20 millimètres de diamètre; il était courbé en S vers son milieu : cette partie était destinée à y placer l'iode pour le tenir séparé du cyanure de mercure qui occupait le fond, séparation que je croyais utile, afin d'éviter la formation d'un iodure de mercure que le contact immédiat des deux substances devait produire. Mais en scellant le tube à la lampe, l'iode tomba en grande partie sur le cyanure de mercure, auquel il se mêla par suite des positions variées que je devais donner au tube pour en opérer la fermeture.

L'application de la chaleur sur le point où était le mélange de cyanure de mercure et d'iode détermina la décomposition du premier et la volatilisation d'une grande partie de l'autre. Bientôt de l'iodure rouge de mercure se forma; une petite quantité de liquide se rassembla dans la partie courbe du tube opposée à celle qui était soumise à l'action de la chaleur; et un peu au-dessus de l'iodure de mercure et du résidu charbonneux de la décomposition du cyanure, on vit se fixer une matière blanche, d'apparence très-légère, semblable à du coton, qui s'y accumula en assez grande abondance pour remplir tout le diamètre du tube dans un espace de 3 à 4 centimètres. Après le refroidissement, on rompit le tube afin d'en retirer la matière cotonneuse qu'il conte-

nait ; il se fit une petite explosion due à la transformation subite du liquide en gaz.

La matière inconnue, ayant été recueillie, fut aussitôt examinée dans ses principales propriétés ; elle était blanche et avait un aspect lanugineux : seulement quelques parties présentaient des points grisâtres dus à de l'iode volatilisé qui s'y trouvait en mélange ; son odeur très-piquante, quoique particulière, participait de celle de l'iode et du cyanogène ; sa saveur, très-caustique, laissa, long-temps après la dégustation que j'en fis, peut-être trop imprudemment pour la première fois, un arrière-goût métallique très-prononcé : ce dernier caractère, joint à l'observation faite qu'il se présentait constamment un iodure de mercure dans les différentes épreuves auxquelles je la soumettais, soit dans l'eau, la potasse ou les acides, me fit croire que cet iodure, dont rien en apparence n'indiquait la présence dans la nouvelle substance, était le résultat d'une décomposition que lui faisait éprouver les différens agens avec lesquels je la mettais en contact, et que conséquemment elle était une combinaison de cyanogène, d'iode et de mercure ; mais un examen plus approfondi me fit connaître que l'iodure y était en mélange, qu'on pouvait l'en séparer, et qu'alors ce qui restait n'était plus qu'un composé d'iode et de cyanogène.

Dans une des expériences dont il est ici question, j'ai eu occasion d'observer le grand degré de froid que sont susceptibles de produire les gaz liquéfiés dans le moment où ils reprennent l'état gazeux. Du cyanogène liquide s'était formé en assez grande quantité, lorsque le tube dans lequel il était produit fut ramolli sur un point par

le contact d'un charbon ardent; le gaz, par suite de sa tension, s'ouvrit là un passage et s'échappa avec un grand sifflement. L'écoulement dura un certain temps, l'ouverture étant extrêmement petite; ce qui me permit de plonger dans l'eau froide la portion du tube où était le gaz liquéfié : à peine en était-elle retirée qu'elle se trouva couverte d'une couche de glace extrêmement dure et fort épaisse. Je ne cite ce fait que comme un exemple, attendu qu'il ne présente rien qui ne fût prévu, d'après la belle expérience de M. Gay-Lussac, dans laquelle l'eau atmosphérique est solidifiée en un clin d'œil sur une boule de verre où l'on fait arriver par une étroite issue de l'air fortement comprimé.

J'ai également pu remarquer que le cyanogène liquide dissout une certaine quantité d'iode qui le colore en rouge. Il ne produit pas, quand il reprend l'état gazeux, la matière cristalline à laquelle les deux corps donnent naissance dans l'autre circonstance.

Après avoir reconnu que la combinaison de l'iode et du cyanogène pouvait s'opérer sans le secours de la pression, j'en vins aux moyens ordinaires, et parmi ceux que j'ai tentés, voici celui que j'ai adopté : il consiste à triturer soigneusement et promptement ensemble, dans un mortier de verre, deux parties de cyanure de mercure bien sec et une partie d'iode aussi parfaitement desséché; à introduire le mélange dans une fiole dont le col soit un peu large; on chauffe ensuite graduellement jusqu'à ce que le cyanure de mercure commence à se décomposer; la crépitation, la disparition de quelques vapeurs violettes et un commencement de condensation de la matière blanche à l'orifice de la fiole en sont les

indices ; alors on transporte la fiole, déjà tenue avec des pinces, près d'une grande cloche de verre placée sur une feuille de papier, ou mieux sur un large carreau de verre ; on soulève, d'un côté, la cloche pour pouvoir engager dessous le col de la fiole, qu'on incline dans ce sens, comme si l'on voulait verser un liquide qu'elle contiendrait ; à l'instant, des vapeurs blanches sortent très-rapidement de la fiole et se condensent sur le disque de verre sous forme de flocons cotonneux excessivement légers : quand il ne s'en forme plus, on chauffe de nouveau pour revenir sous la cloche. Cette opération peut aussi très-bien se faire en chauffant le mélange dans une petite cornue de verre qui se rend dans un petit récipient de même matière ; mais on a de la difficulté à retirer le produit, et l'on reste plus long-temps exposé à ses émanations, qui sont susceptibles d'incommoder.

Si, au lieu de porter la fiole sous la cloche dans le moment où sa réaction a lieu, on l'incline dans l'air de la même manière qu'on l'a indiqué, à l'instant l'atmosphère est remplie d'une multitude de flocons cotonneux qui y restent en suspension, y flottent quelque temps plus légèrement que l'oxide de zinc qui se forme quand on verse dans l'air, d'une certaine élévation, le métal en pleine fusion.

En employant, pour la préparation du corps nouveau, du cyanure de mercure et de l'iode dans les proportions indiquées, on évite l'inconvénient d'une surabondance d'iode ; mais il n'en reste pas moins indispensable de lui faire subir une sublimation qui a pour objet de le séparer d'une certaine quantité d'iodure de

mercure qui s'y trouve toujours mêlée. Cette sublimation doit être faite à une chaleur très-ménagée : j'ai préféré, pour remplir plus sûrement cette condition, d'y procéder à la chaleur du bain-marie, malgré le temps fort long qu'elle exige. A cet effet, on introduit le cyanure d'iode impur au fond d'un tube de verre un peu large, de manière à ce qu'il n'en reste point sur les parois : on le maintient, par un moyen quelconque, plongé en partie dans l'eau du bain dont on entretient l'ébullition jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la partie inférieure du tube que de l'iodure rouge de mercure, celui-ci ne pouvant s'élever à cette température. Le tube doit être un peu incliné hors du bain, afin que le cyanure d'iode volatilisé se fixe dans cette partie, qui, par sa position, est la plus froide.

On s'assure de l'absence absolue du mercure dans le cyanure d'iode en traitant ses cristaux par une dissolution concentrée de potasse caustique, puis par de l'acide nitrique un peu en excès : la plus petite quantité de mercure qui s'y trouverait donnerait lieu à un précipité d'iodure rouge de mercure.

Il était naturel de chercher à savoir si de la vapeur d'iode qui serait mise en contact avec du cyanogène obtenu séparément donnerait lieu à du cyanure d'iode, parce qu'il était à croire que, dans l'autre procédé où les deux substances se trouvent en contact, leur état naissant avait influé sur le résultat obtenu. Du cyanogène, à mesure qu'il se formait, a été conduit dans un ballon où de l'iode était en vapeur : après le refroidissement du ballon obscurci par les vapeurs violettes, on a vu une certaine quantité de nos cristaux blancs atta-

chés aux parois et mêlés à l'iode, plus une quantité très-notable d'iodure rouge de mercure se trouvait au fond. L'existence, dans ce cas, de l'iodure de mercure prouve que non-seulement le cyanure de mercure, dans sa décomposition par la chaleur, se volatilise en partie; mais que le cyanogène qui en résulte en entraîne aussi avec lui; car le tube qui portait le cyanogène dans le ballon était fort long et suffisamment pour que sa température, dans les $\frac{3}{4}$ de sa largeur, ne se soit pas sensiblement élevée durant l'expérience. La petite quantité de cyanure d'iode qui se forme dans ce cas indique aussi que ce n'est qu'en raison de la quantité de cyanure de mercure volatilisée et décomposée dans le ballon au contact de l'iode maintenu en vapeur par un certain degré de chaleur; conséquemment que la production du corps nouveau a lieu par la circonstance de l'état naissant du cyanogène. Quand on triture ensemble les deux substances, le cyanure de mercure et l'iode, la réaction se manifeste par une odeur très-piquante; ce qui indique qu'il se forme déjà une certaine quantité de cyanure d'iode, même à la température ordinaire.

Le cyanure d'iode, quand il a été sublimé à une douce chaleur ou à la température ordinaire, conséquemment très-lentement, est très-blanc et se présente sous forme de très-longues aiguilles, excessivement minces; son odeur est très-piquante; il irrite vivement les yeux et provoque le larmoiement; sa saveur est excessivement caustique; sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'acide sulfurique à travers lequel il se précipite promptement. Il se volatilise, sans se décomposer, à une température beaucoup plus élevée que celle de

l'eau bouillante; projeté sur un charbon ardent, il donne d'abondantes vapeurs violettes; il est soluble dans l'eau, et plus dans l'alcool : ces solutions incolores ont l'odeur et la saveur de la substance même; elles ne rougissent point la teinture de tournesol ni la teinture de curcuma; ce qui prouve qu'il n'est pas acide ni alcalin, et que seul il ne décompose pas l'eau; il ne produit pas de précipité avec le nitrate d'argent. L'analogie qu'on a rencontrée si fréquemment entre le chlore et l'iode, dans leurs combinaisons avec les autres corps, ne se présente plus ici, puisque la combinaison du chlore et du cyanogène jouit des propriétés acides que nous ne trouvons pas dans la combinaison de l'iode et du cyanogène.

En poursuivant l'examen des propriétés du cyanure d'iode, on a observé que la potasse caustique en dissolution concentrée le décompose, et qu'il se forme de l'hydriodate et de l'hydrocyanate de potasse. Cette dissolution fournit un précipité d'un très-beau vert, en la mêlant d'abord avec du proto-sulfate de fer, plus un peu d'acide hydrochlorique. Ce dernier caractère, d'après M. Doebereiner, indiquerait la présence de l'acide cyanique, conséquemment d'un cyanate; mais j'ai reconnu que l'iode était la cause de l'intensité de la couleur. Il doit aussi se former en même temps un iodate; mais je n'ai pu le découvrir dans le résidu insoluble de ces mêmes dissolutions traitées par l'alcool à 40 degrés. Dans les premiers momens qu'on verse la potasse caustique dans une dissolution de cyanure d'iode, il s'exhale une odeur d'acide hydro-cyanique.

L'acide nitrique ne paraît pas avoir d'action sur le

cyanure d'iode; celui-ci s'y dissout et l'acide reste incolore.

L'acide sulfurique concentré ne l'attaque pas non plus dans le moment; mais, après un certain temps, l'acide se colore en rose, et de l'iode se précipite successivement.

L'acide hydro-chlorique le décompose en donnant lieu à de l'acide hydro-cyanique et à un dépôt d'iode.

De tous les acides, l'acide sulfureux liquide est celui dont l'action est la plus remarquable sur le cyanure d'iode; il le décompose subitement : quelques gouttes versées sur les cristaux en mettent à l'instant l'iode à nu; si on ajoute un petit excès d'acide, la dissolution devient incolore; il se forme de l'acide sulfurique, de l'acide hydriodique et de l'acide hydro-cyanique : la présence de ce dernier est très-manifeste par l'odeur qui le caractérise, et qu'on rend encore plus évidente en couvrant l'éprouvette où la décomposition s'opère d'un papier mouillé d'une dissolution de potasse caustique que l'on colore en bleu par quelques gouttes d'une dissolution de sulfate de fer, puis par un peu d'un acide. Cette dissolution, chauffée doucement pendant quelque temps pour expulser l'excès d'acide sulfureux et l'acide hydro-cyanique, produit encore, en y mettant successivement de la potasse caustique, du sulfate de fer et un acide, un beau précipité vert : ce qui confirme que la couleur verte n'est pas due à de l'acide cyanique, dont la formation n'est pas probable en présence de l'acide sulfureux.

Le gaz acide sulfureux bien sec n'agit aucunement sur le cyanure d'iode; les changemens qu'il lui fait

éprouver quand il est liquide dépendent donc de la présence de l'eau et de sa décomposition : en effet, il suffit de jeter deux ou trois gouttes d'eau dans un flacon où se trouvent du cyanure d'iode et du gaz acide sulfureux secs, pour en séparer l'iode à l'instant.

Le chlore sec n'a pas non plus d'action, après plusieurs jours, sur le cyanure d'iode; celui-ci s'y volatilise et cristallise sur les parois du vase.

Pour déterminer les proportions des principes constituans du cyanure d'iode, des quantités variées de ce corps ont été décomposées sur de la tournure de fer incandescente; l'iodure de fer qui en est résulté, traité par la potasse pure, a produit de l'iodure de potassium qui, d'après sa composition connue, en prenant la moyenne de cinq expériences, présente, pour chaque gramme de cyanure, 0,8066 d'iode; ce qui permet, en évaluant d'après l'atome, d'admettre qu'un gramme de cyanure d'iode contient :

Iode,	0,828	1 atome;
Cyanogène,	0,172	1 atome.
	1,000.	

Il est cependant à remarquer que, dans chaque expérience, la quantité d'iode était un peu moins forte que celle qui devait s'y trouver d'après la supposition dans le cyanure d'un atome et un atome de cyanogène. Toutefois la différence n'est pas assez grande pour établir que ce corps est formé d'un atome d'iode et de deux atomes de cyanogène; car les proportions seraient ainsi :

Iode,	0,7062	1 atome;
Cyanogène,	0,2938	2 atomes.

Ce qui constituerait une trop grande erreur que je ne pense pas pouvoir exister dans ma manière de procéder; d'ailleurs les données qu'elle présente ont besoin d'être confirmées par l'analyse rigoureuse, et on ne peut la considérer comme telle qu'autant que chaque élément du composé aura été apprécié séparément. D'après ce qu'a bien voulu me dire M. Gay-Lussac, l'emploi de l'oxide de cuivre dans ce cas peut conduire à un résultat exact, surtout quand nous serons en possession de l'appareil très-ingénieux qu'il vient d'imaginer pour faire disparaître toutes les causes d'incertitude qui restent encore dans ce genre de travail. En publiant la description de cet appareil, ce sera ajouter un service important à tous ceux dont la science lui est redevable.

Le cyanure d'iode, d'après sa composition, doit avoir une action quelconque très-énergique sur l'économie animale; et la médecine lui trouvera probablement quelque application. Il ne paraît pas cependant qu'il soit aussi délétère que la nature de ses élémens pourrait le faire supposer. J'en ai goûté plusieurs fois, ainsi que d'autres personnes du laboratoire, qui, comme moi, ont été exposées, tant en le préparant qu'en le renfermant dans les vases, à en respirer d'assez grandes quantités : seulement nous avons éprouvé en général de l'abattement dans nos forces, et toujours une violente irritation des yeux qui se dissipe néanmoins en peu de temps.

RECHERCHES *analytiques sur l'Acide cyanique.*

PAR F. WÖHLER.

(Extrait.)

DANS un travail antérieur sur l'acide cyanique, j'avais donné la composition de cet acide; mais comme je l'avais calculée, et qu'elle n'était basée que sur un petit nombre de résultats approximatifs, j'ai desiré la soumettre à un nouvel examen.

Analyse du cyanate de potasse. J'ai trouvé que l'on peut se procurer ce sel en très-grande quantité en chauffant au rouge obscur un mélange en poudre très-fine d'environ parties égales de cyanoferrure de potassium anhydre et de peroxide de manganèse. Si l'on chauffait trop fortement, on obtiendrait peu de sel, parce que le deutoxide formé paraît se changer en protoxide aux dépens du cyanate. On fait bouillir la masse avec de l'alcool d'environ 86 degrés centésimaux, et par le refroidissement le sel se sépare en petites lames comme le chlorate de potasse : dans l'alcool pur, il est insoluble.

Le potassium se dissout tranquillement dans le cyanate de potasse. La masse est composée de cyanure de potassium et de potasse : sa dissolution dans l'eau a l'odeur et la saveur de l'acide hydro-cyanique, et donne avec le fer du bleu de Prusse.

0g.,429 de cyanate de potasse anhydre, décomposés dans un tube de verre, à la chaleur de la lampe alcoolique par le gaz hydro-chlorique sec, ont produit une

si grande quantité de sel ammoniac que le tube en était presque bouché. Le chlorure de potassium obtenu pesait 0g.,400, représentant 0g.253 de potasse. Ainsi, d'après cette analyse, le cyanate contient 58,97 pour cent de potasse.

Dans une autre expérience, 0g.,764 de cyanate, décomposés par l'acide hydro-chlorique dans un creuset de platine, ont donné 0g.,700 de chlorure de potassium; ce qui correspond à 57,96 pour cent de potasse.

Comme le cyanate de potasse se change complètement en carbonate de potasse en le faisant bouillir avec l'eau, j'ai aussi employé ce moyen d'analyse: 0g.,38 de cyanate, humectés avec de l'eau dans un creuset de platine, puis desséchés à une douce chaleur et rougis, et les mêmes opérations répétées encore une fois, ont donné 0,323 de carbonate de potasse. Ainsi, d'après ce résultat, 100 de cyanate contiennent 57,95 de potasse. Il s'est dégagé pendant l'opération une grande quantité d'ammoniaque.

Si l'on suppose, comme cela paraît résulter de mon ancienne analyse du cyanate de plomb, que, dans les cyanates, l'oxigène des bases soit égal à celui de l'acide, le cyanate de potasse doit contenir:

Potasse,	57,95;
Acide,	42,05.
	100,00.

Analyse du cyanate d'argent. Ce sel est insoluble dans l'eau froide; mais il se dissout un peu dans l'eau bouillante et s'en sépare en poudre par le refroidis-

sement. 0^{g},68 de cyanate, chauffés sur la lampe d'Argant dans un creuset de porcelaine jusqu'à réduction complète de l'argent, ont donné 0^{g},49 de ce métal, représentant 0,526 d'oxide. Par conséquent, 100 de cyanate contiennent 77,353 d'oxide d'argent. Pendant l'opération on n'a aperçu aucune trace d'ammoniaque; ce qui prouve que le cyanate était parfaitement desséché.

D'après le calcul, le cyanate contient :

Oxide d'argent,	77,23;
Acide cyanique,	22,77;
	100,00;

résultat très-peu différent de celui obtenu par l'expérience.

Analyse de l'acide cyanique. Le moyen que j'ai employé est fondé sur la propriété qu'ont les cyanates traités par les acides aqueux, d'abandonner tout leur carbone à l'état d'acide carbonique.

J'ai fait une boule de cyanate d'argent du poids de 0^{g},36, et je l'ai introduite dans un tube de verre, sur le mercure, avec de l'acide hydro-chlorique faible : il s'est dégagé instantanément 53 centimètres cubes de gaz carbonique, mesurés à la température de 0° et sous la pression de 0^{m},76; ce qui correspond à 0^{g},0286 de carbone : or, 0^{g},36 de cyanate d'argent contiennent 0,08197 d'acide, qui ont fourni la quantité de carbone trouvée. En réduisant à 100, l'acide cyanique contient, d'après cette expérience, 34,922 de carbone et 40,830 d'azote, quantités justement dans le même rapport que dans le cyanogène. L'acide carbonique avait une faible odeur d'acide hydro-cyanique qui montrait que le cya-

nate employé contenait un peu de cyanure d'argent. J'ai fait en conséquence un autre essai en employant du cyanate d'argent qui avait cristallisé dans l'ammoniaque, et qui en avait été débarrassé par une douce chaleur. 100 parties d'acide cyanique ont donné 35,315 de carbone et 41,289 d'azote.

D'après la supposition à laquelle m'a conduit l'analyse approximative du cyanate de plomb, que l'acide cyanique est formé de deux atomes de cyanogène et d'un d'azote, il doit contenir 35,294 de carbone et 41,177 d'azote pour cent; résultat qui est parfaitement d'accord avec le dernier.

La quantité d'oxigène contenue dans l'acide cyanique s'obtient en retranchant du poids du cyanate d'argent celui des produits déjà recueillis, et on trouve qu'elle est justement égale à celle combinée avec l'argent. Ainsi l'acide cyanique est composé de :

	Trouvé :	Calculé :	Atomes.
Carbone,	35,334	35,294	2
Azote,	41,317	41,177 (1)	1
Oxigène,	23,349	23,529	1
	100,000	100,000;	

ou de :

		Atomes.
Cyanogène,	76,471	1
Oxigène,	23,529	1
	100,000.	

(1) M. Wöhler, après avoir donné cette proportion d'azote, conclut que l'acide cyanique est composé de deux atomes de carbone, de deux atomes d'azote et d'un atome d'oxigène, ou de deux atomes de cyanogène et d'un atome

Ainsi, l'acide cyanique est composé d'un atome de cyanogène et d'un atome d'oxigène, et par conséquent il renferme dans les cyanates une quantité d'oxigène égale à celle de la base.

RAPPORT *sur un Mémoire de M.* LASSAIGNE *ayant pour objet la recherche de l'acide hydro-cyanique dans le corps des animaux empoisonnés par cette substance.*

(Commissaires, MM. THENARD, MAGENDIE et VAUQUELIN.)

L'ACIDE hydro-cyanique est si fugace, son existence si peu durable et son action si prompte et si puissante sur le principe de la vie, que les physiologistes ont dû natu-

---

d'oxigène. Mais cette conclusion n'est certainement pas exacte; car le cyanogène est formé de deux atomes de carbone et d'un d'azote, et c'est précisément dans ce rapport que sont les deux quantités de carbone et d'azote données par M. Wöhler. Ainsi l'acide cyanique, d'après ce résultat, serait formé d'un atome de cyanogène et d'un atome d'oxigène; c'est-à-dire qu'il renfermerait les mêmes principes et dans les mêmes proportions que l'acide que MM. Liebig et Gay-Lussac ont désigné par le nom d'*acide fulminique* ou d'*acide cyanique*. Mais comme ces deux acides sont très-différens, puisque les combinaisons de l'un détonent avec énergie par un léger choc, tandis que celles de l'autre n'ont aucunement cette propriété, il faudrait, pour expliquer leur différence, admettre entre leurs élémens un mode de combinaison différent. C'est un objet qui appelle un nouvel examen. (R.)

rellement douter qu'il fût possible d'en démontrer chimiquement les traces dans le corps de l'homme et des animaux quelque temps après la mort : doute qui, s'il était fondé, rendrait ce poison redoutable entre les mains des malfaiteurs.

C'est pour résoudre cette question importante que M. Lassaigne s'est livré aux expériences suivantes, dont nous allons rapporter les résultats le plus exactement qu'il nous sera possible.

Le premier objet qui devait fixer l'attention de l'auteur était de déterminer, par des expériences exactes, le *minimum* d'acide hydro-cyanique susceptible d'être reconnu par les réactifs.

L'acide employé à ces épreuves préliminaires avait été préparé par le procédé de M. Gay-Lussac et étendu de cinq fois son poids d'eau, afin de retarder sa décomposition spontanée.

Un dix millième de cet acide dissous dans l'eau a été le dernier terme où sa présence a pu devenir sensible au moyen du persulfate de fer. Ainsi, dans 18 onces d'eau l'on peut découvrir un grain d'acide hydro-cyanique déjà étendu de cinq parties de ce fluide.

Quoique le résultat de cet essai soit déjà d'une exactitude suffisante pour remplir le but proposé, cependant l'auteur, profitant d'une expérience faite par l'un de nous sur le cyanure de cuivre, est parvenu à reconnaître jusqu'à $\frac{1}{20000}$ d'acide hydro-cyanique en solution dans l'eau.

L'opération se fait de la manière suivante : on alcalise légèrement par la potasse le liquide où l'on a mis de l'acide hydro-cyanique ; l'on y verse quelques gouttes

de sulfate de cuivre, et ensuite une quantité d'acide hydro-chlorique suffisante pour redissoudre l'excès d'oxide de cuivre. La liqueur prend aussitôt un aspect laiteux plus ou moins intense suivant la quantité d'acide hydro-cyanique qu'elle contient. Une propriété remarquable de ce précipité divisé dans $\frac{1}{20000}$ d'eau est de disparaître entièrement en quelques heures, surtout quand le liquide contient un excès d'acide hydro-chlorique; mais lorsque la quantité d'acide hydro-cyanique est plus considérable par rapport à celle de l'eau, le cyanure de cuivre se précipite en flocons blancs dont la solution ne s'opère qu'après plusieurs jours.

M. Lassaigne a trouvé que le nitrate d'argent est aussi un bon réactif pour démontrer la présence d'une très-petite quantité d'acide hydro-cyanique dans un liquide; mais la combinaison insoluble qui se forme dans ce cas, jouissant de propriétés communes au chlorure d'argent, l'on doit, pour éviter la confusion, préférer la méthode précédente, dont le résultat n'appartient qu'à l'acide hydro-cyanique.

Après avoir éprouvé jusqu'à quel point il était permis de reconnaître la présence de l'acide hydro-cyanique dans l'eau, l'auteur passe aux applications qu'il a faites de ces moyens pour l'examen des liquides des animaux empoisonnés par cette substance.

1re *Observation.* Un homme soupçonné d'avoir été empoisonné par l'acide hydro cyanique fut ouvert par M. Leuret, élève interne à la Maison royale de Charenton, en présence de M. le Dr Ramon et de plusieurs autres personnes. Ces médecins, ayant cru reconnaître l'odeur d'amandes amères dans différentes parties du

corps, et notamment dans l'encéphale, l'estomac et les intestins, invitèrent M. Lassaigne à soumettre ces organes à l'analyse chimique. L'estomac renfermait un liquide rougeâtre qui fut recueilli avec soin, et auquel on mêla l'eau employée à laver ce viscère. Ce liquide, introduit dans une cornue, fut distillé dans un récipient refroidi avec de la glace. Le produit de cette opération, équivalant environ au cinquième du liquide, était sans couleur; son odeur, légèrement alcoolique, n'avait rien d'analogue à celle des amandes amères. Il rougissait faiblement la teinture de tournesol. L'addition successive de la potasse et du persulfate de fer ne fit paraître dans ce liquide, même au bout de douze heures, aucun signe de la présence de l'acide hydro-cyanique. Au résidu de la distillation, filtré pour séparer quelques flocons d'albumine coagulée par la chaleur, furent mêlés séparément de l'acide hydro-sulfurique et du ferro-cyanate de potasse; mais il ne se manifesta aucun changement qui pût faire soupçonner l'existence de quelque préparation métallique.

Le restant du liquide, évaporé en consistance d'extrait et traité ensuite par l'alcool, déposa une matière visqueuse de nature animale. La solution alcoolique, évaporée à son tour, fournit un résidu jaunâtre dans lequel les moyens les plus propres à décéler la morphine n'en ont fait paraître aucun signe. Les matières contenues dans les intestins ne furent point examinées, parce que la promptitude avec laquelle la mort était arrivée autorisait à croire que, dans le cas où l'individu eût pris du poison, ce dernier n'aurait pas eu le temps de parvenir jusqu'aux dernières voies. Au surplus, des renseigne-

mens ultérieurs ont appris que l'homme dont il est question paraît avoir succombé à la suite d'ivresse.

2e *Observation.* Empoisonnement d'un chat par douze gouttes d'acide hydro-cyanique étendu de soixante gouttes d'eau ; analyse de l'estomac et des matières qu'il contenait, dix-huit heures après la mort de l'animal.

Immédiatement après avoir avalé ce liquide, l'animal fut accablé ; sa respiration devint lente ; des contractions dans tous ses membres se manifestèrent, et la mort survint une minute après l'injection du poison. A ce moment, une vapeur ayant l'odeur de l'acide prussique sortit de sa gueule ; on s'assura qu'elle contenait de l'acide hydro-cyanique en exposant à son contact une bande de papier imbibé d'une solution de potasse, laquelle devint bleue par le persulfate de fer.

M. Leuret, en ouvrant l'animal conservé à une température de 10° pendant dix-huit heures, reconnut aisément l'odeur de l'acide hydro-cyanique dans le cerveau, le long de la moelle épinière et dans les organes thoraciques. Cette même odeur était peu sensible dans l'estomac, qui ne contenait que des mucosités ; mais, en le coupant, cette odeur se développait. L'estomac, coupé par morceaux sous une couche d'eau, fut distillé dans une cornue avec le fluide qui le recouvrait, et lorsque la huitième partie de la liqueur fut passée, on la soumit aux épreuves suivantes : son odeur n'était pas assez prononcée pour qu'on pût décider sur sa nature ; mais mêlée avec la potasse et le persulfate de fer, elle prit aussitôt une teinte bleue faible qui ne laissait aucun doute sur la présence de l'acide hydro-cyanique. Le sulfate de cuivre, la potasse et l'acide hydro-chlorique en

donnèrent une démonstration encore plus sensible. Le même mode d'analyse appliqué aux premières portions d'intestin y fit reconnaître également l'acide hydro-cyanique, mais le cuivre seulement, le fer n'ayant rien indiqué.

3e *Observation.* Un jeune chat auquel on fit avaler une goutte d'acide hydro-cyanique étendu dans une cuillerée d'eau mourut au bout de six minutes, avec les mêmes symptômes que le précédent. A l'ouverture de l'animal, on reconnut encore l'odeur de l'acide prussique dans le cerveau, la moelle épinière et la poitrine. L'estomac, quoique n'ayant pas d'odeur sensible, donna cependant des traces d'acide hydro-cyanique par la distillation.

L'odeur d'amandes amères qu'on avait cru reconnaître dans le cerveau et la moelle épinière détermina M. Lassaigne à soumettre ces organes à l'analyse aussitôt qu'ils furent extraits de leurs cavités; mais le résultat fut négatif, c'est-à-dire qu'on ne put démontrer la présence de l'acide hydro-cyanique.

4e *Observation.* Une chienne de moyenne taille à qui l'on donna un aliment préparé avec un décilitre de lait, de la mie de pain et douze gouttes d'acide hydro-cyanique, représentant deux gouttes de cet acide pur, tomba sur le côté, saisie de convulsions, au moment où elle lapait encore le liquide : elle resta dans cet état pendant environ une demi-heure, après quoi elle expira.

L'ouverture de l'animal ayant été faite cinquante-trois heures après la mort, on retira la matière contenue dans son estomac, et, délayée ensuite dans l'eau, on la soumit à la distillation. Le sulfate de cuivre indiqua d'une ma-

nière très-marquée la présence de l'acide hydro-cyanique dans le produit de la distillation. L'estomac, sur lequel on opéra de la même manière, fournit des résultats semblables ; mais le cerveau et la moelle épinière n'ont rien produit de pareil, quoique plusieurs personnes présentes à l'autopsie crussent reconnaître l'odeur de l'acide prussique.

5e *Observation.* Un chien à qui l'on a offert le reste de l'aliment qui avait occasioné la mort de l'animal précédent et qui l'a mangé avec avidité, a éprouvé, trois minutes après, un tremblement dans tout le corps et a fui la lumière. Replacé au milieu du local où se faisait l'expérience, il chancelait sur ses pattes, tombait très-souvent, ne se relevait qu'avec peine, et avait la colonne vertébrale courbée. Au bout d'un quart d'heure, l'animal a vomi la matière qu'il avait mangée, et s'est rétabli ; mais il est resté faible pendant deux jours.

6e *Observation.* Quatre gouttes d'acide hydro-cyanique délayées dans une cuillerée d'eau, ayant été injectées dans le rectum d'un jeune chat, l'ont fait périr une minute après, avec de grandes souffrances. L'intestin, extrait au bout de quarante-huit heures, a présenté à M. Lassaigne des traces non équivoques d'acide prussique.

L'auteur a observé, dans le cours de ses expériences, que quand la quantité d'acide hydro-cyanique était très-petite, sa présence n'était décélée par le sulfate de fer qu'au bout de douze et quelquefois de dix-huit heures, tandis que le sulfate de cuivre la découvrait sur-le-champ, et que l'effet de ce dernier avait souvent disparu avant

que l'autre n'eût produit le sien. Cette observation est très-importante à connaître pour ceux qui pourront être, par la suite, chargés de faire des recherches sur l'empoisonnement par l'acide hydro-cyanique.

Les expériences rapportées par M. Lassaigne nous apprennent, 1°. que l'on peut reconnaître dans un liquide aqueux l'acide hydro-cyanique dans la proportion d'un dix-millième à un vingt-millième; 2°. que, dans les animaux empoisonnés par l'acide prussique, des traces de ce corps se retrouvent encore dix-huit et quarante-huit heures après; 3°. que c'est toujours dans les organes où cette substance a été introduite que ses vestiges peuvent être découverts; 4°. enfin, qu'il est impossible jusqu'ici de démontrer l'existence de ce poison dans le cerveau, la moelle épinière et le cœur, quoique ces organes répandent une odeur propre à la faire soupçonner.

Le Mémoire de M. Lassaigne étant rédigé avec ordre et clarté, les expériences qu'il renferme exposées avec un détail suffisant pour qu'on puisse les répéter avec succès, les symptômes présentés par les animaux soumis aux essais rendus avec exactitude, nous pensons que le travail qui en est l'objet, pénible par sa nature, mais qui peut être utile à l'humanité, mérite d'être imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers*.

Fait à l'Académie royale des Sciences, le 9 août 1824.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 2 août 1824.

M. le directeur de l'Administration des Manufactures invite l'Académie à faire examiner un travail manuscrit de M. Charles Barbier intitulé : *Essai de la Notographie chinoise et persane.*

On annonce qu'on a découvert à Montpellier, dans la sablière sur laquelle la citadelle est bâtie, des os fossiles d'un mastodonte de très-grande dimension ; et que M. Gambart, directeur de l'Observatoire de Marseille, a aperçu, le 27 juillet, une nouvelle comète dans la constellation d'Hercule.

M. le comte de Busnes adresse la relation d'une maladie extraordinaire à la suite de laquelle la malade a vomi une salamandre aquatique.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire communique verbalement quelques détails concernant l'objet trouvé près de Moret, et qu'on a prétendu être un fossile humain. Il pense que cette dénomination est dénuée de tout fondement.

M. Poisson fait un rapport verbal sur les nouvelles Tables de la Lune, de M. Damoiseau.

M. Desmoulins lit un Mémoire *sur l'Appareil lacrymal et le Système nerveux des trigonocéphales.*

M. Pouillet commence la lecture d'un Mémoire dont voici le titre : *Mémoire sur les hautes Températures et sur la Chaleur qui règne à la surface du soleil.*

Séance du lundi 9 août.

M. le baron Blein adresse un ouvrage manuscrit intitulé : *Traité de l'Harmonie.*

MM. d'Hermilly et Saint-Clair annoncent qu'ils sont prêts à fournir des échantillons du fossile de Moret aux commissaires de l'Académies qui desireraient en faire l'analyse.

MM. Chevalier, Payen et Julia Fontenelle, qui ont déjà fait ce travail sur des fragmens pris à la surface du fossile, adressent une Note de laquelle il résulte que ce fossile renferme depuis 17 cent millièmes jusqu'à 14 millièmes de matière azotée, mais aucun phosphate de chaux.

M. Cauchy, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un Mémoire d'analyse de M. Libri, *relatif à la Théorie des nombres*, et dans lequel l'auteur a fait preuve de beaucoup d'instruction et de sagacité. Le Mémoire sera imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

M. Vauquelin, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le Mémoire que M. Lassaigne avait présenté, *concernant les Moyens de découvrir l'acide hydro-cyanique dans les organes des animaux empoisonnés par ce réactif.* (*Voyez* le rapport page 200.)

M. Duméril rend un compte verbal des dernières livraisons de l'ouvrage de Mascagni, publiées par MM. Antommarchi et Lasteyrie.

M. Arago annonce que M. Pons avait déjà aperçu, le 24 juillet, la comète que M. Gambart a découverte de son côté, trois jours plus tard.

M. Pouillet achève la lecture de son Mémoire.

M. Bory-Saint-Vincent lit une Note *sur un nouvel Appareil propre à dessécher les végétaux pour les herbiers.*

M. Bailly lit un Mémoire d'anatomie pathologique *sur les Fièvres intermittentes pernicieuses algides, et sur l'altération de la chaleur animale dans ces maladies.*

Séance du lundi 16 août.

M. Audibert adresse un Mémoire dans lequel il explique les moyens d'élever l'eau stagnante au-dessus de son niveau, par certaines combinaisons des forces de l'eau et de l'air.

M. le Dr Lauth lit un Mémoire *sur les Vaisseaux lymphatiques des oiseaux.*

M. Latreille présente la peinture, sur verre, d'un papillon, faite par un procédé particulier.

M. Moreau de Jonnès lit des Recherches géographiques *sur le Manioc et sur les limites de sa culture chez les peuples aborigènes du Nouveau-Monde.*

On donne lecture d'une Note supplémentaire au Mémoire de M. Gaillon de Dieppe, *sur les Animalcules nutritifs des huîtres.*

Séance du lundi 23 août.

MM. les Ministres de l'Intérieur et de la Guerre adressent les rapports que leur ont transmis le Préfet de l'Aude et le Commandant des Pyrénées orientales, sur le tremblement de terre qui a été ressenti dans le Midi, le 18 juillet dernier.

M. Arago communique une lettre détaillée de M. Jaubert de Passa, relative au même phénomène.

(On trouvera un extrait de cette lettre et des rapports communiqués à l'Académie, dans notre résumé des phénomènes météorologiques, Cahier de décembre.)

M. Bressy, médecin à Arpajon, adresse un écrit intitulé : *Manosphore*.

M. de Beaujeu communique la description d'un nouveau moyen de transporter les terres.

M. Chevreul lit un Mémoire *relatif à l'Action simultanée de l'oxigène gazeux et des alcalis sur un grand nombre de substances organiques.*

M. Arago entretient l'Académie de quelques observations qui lui semblent propres à lever les doutes de plusieurs physiciens distingués sur la cause des températures graduellement croissantes qu'ont les couches terrestres à mesure qu'elles s'éloignent de la surface. M. Arago cite d'abord les observations qu'il avait faites en 1821 sur les eaux qui jaillissent au pied de l'escarpement vertical du Blancnez ; il rapporte ensuite le travail très-étendu que M. Bergère, capitaine du Génie de beaucoup de mérite, a bien voulu faire à sa prière, sur les nombreuses sources artésiennes des départemens du Nord et du Pas-de-Calais. Plusieurs tableaux dressés par M. Bergère sont mis sous les yeux de l'Académie. (Nous donnerons un extrait détaillé de ce travail, aussitôt qu'il sera terminé.)

Séance du lundi 30 août.

M. Walsh de Cork adresse une Note *sur la Ligne de la plus vite descente.*

Au nom d'une Commission, M. Fresnel fait un rapport sur les nouveaux microscopes de M. Selligue. (Ce rapport a déjà été inséré en entier dans les *Annales.*)

M. Payen lit un Mémoire *sur des Pyrites trouvées, le* 19 *août* 1824, *dans la sablière de Grenelle, et sur le pouvoir décolorant de plusieurs substances minérales.*

M. Runge lit un Mémoire *sur les Caractères chimiques des plantes qui composent les familles des dipsacées et des rubiacées.*

La Section de Mécanique présente, en comité secret, la liste suivante de candidats, pour la place de correspondant vacante dans son sein depuis la mort du général de Bettancourt :

M. Fossombroni, à Florence; MM. Brunel, Telford et Barlow, à Londres.

Séance du lundi 6 septembre.

M. de Freycinet lit à l'Académie une lettre de M. Duperrey, datée d'Amboine le 14 octobre 1823. Les collections de l'expédition sont déjà très-riches; la meilleure harmonie règne toujours parmi les officiers.

M. Moreau de Jonnès donne quelques détails sur les effets de la fièvre jaune, qui s'est déclarée en 1823 dans l'île de l'Ascension, à la suite de communications avec un bâtiment dont une partie de l'équipage avait succombé à cette maladie.

On procède au scrutin pour l'élection d'un correspondant de la Section de Mécanique.

M. de Fossombroni, ayant réuni la majorité absolue, est proclamé.

M. Bouvard communique les élémens paraboliques de la dernière comète.

M. Desfontaines fait un rapport verbal sur un ouvrage de botanique de M. Cotta.

M. Thenard présente, dans un rapport verbal, les résultats de l'analyse qu'il a faite avec M. Vauquelin de plusieurs fragmens du fossile trouvé à Moret.

M. Cuvier communique, à cette occasion, diverses remarques sur les caractères propres aux animaux fossiles. Après avoir prouvé que la masse de grès trouvée à Moret, fût-elle réellement un cheval et un homme fossile, ne renverserait pas, comme on l'a prétendu, les idées adoptées en géologie, il montre que le vrai moyen d'arriver à une conclusion certaine dans le cas actuel serait de scier par le milieu la pièce où l'on a vu la tête d'un cheval : la présence ou l'absence des dents déciderait la question.

M. Navier fait un rapport verbal au sujet d'un ouvrage publié par l'ingénieur écossais Stevenson, et qui est relatif aux travaux exécutés de 1807 à 1810, pour la construction du phare de Bell-Rock.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Sur la Composition de la tête osseuse des animaux vertébrés, principalement des crocodiles et des oiseaux.*

L'Académie est informée que M. Sage, l'un de ses membres, est très-dangereusement malade : elle charge M. Magendie d'exprimer à M. Sage les sentimens de ses collègues.

Séance du lundi 13 *septembre.*

La maladie du Roi ayant pris un caractère de gravité qui excite les plus vives inquiétudes, le Président, après

en avoir conféré avec ses collègues, a déclaré qu'il était l'interprète des sentimens de l'Académie en proposant de ne point tenir de séance.

Séance du lundi 20 septembre.

M. Martillat annonce qu'il a fait de nouveaux perfectionnemens aux machines à vapeur.

M. Opoix réclame contre le jugement qui a été porté sur son ouvrage *relatif à la théorie des couleurs.*

M. Gaudins, de Nantes, adresse un Mémoire *sur les Équations du* 2me *degré.*

M. Latreille fait un rapport verbal sur l'Entomologie de M. Dalman.

M. Fourier commence la lecture du Mémoire que nous avons inséré dans ce Cahier.

M. de Bonnard lit une Notice géologique *sur plusieurs parties de la Bourgogne.*

Séance du lundi 27 septembre.

M. Desfontaines rend un compte verbal de la Flore d'Angleterre de M. Smith.

M. Fourier achève la lecture de son Mémoire.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé: *Des Pièces crâniennes chez le crocodile, comparées à leurs analogues chez tous les animaux.*

Séance du lundi 4 octobre.

M. Coste, officier d'artillerie, adresse à l'Académie un paquet cacheté portant pour suscription : *Recherches chimiques.* Ce paquet sera déposé au Secrétariat.

M. Schulten, professeur adjoint de mathématiques à l'université d'Abo, présente un Mémoire *sur le Choc des corps solides non libres.*

M. Souton avait adressé à l'Académie une Réfutation de Newton : il résulte d'un rapport de M. Cauchy, que ce Mémoire ne mérite pas l'approbation de l'Académie.

M. le baron Blein envoie les résultats d'expériences qu'il vient de faire au moyen de la syrène de M. Cagniard de La Tour.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit la suite de son Mémoire *sur les Pièces crâniennes des crocodiles.*

M. Lamouroux lit un Mémoire *sur la Géographie botanique maritime.*

Sur *une Propriété désoxidante de la vapeur d'eau.*

M. Pfaff a observé qu'en faisant passer de la vapeur d'eau pure dans une dissolution de nitrate d'argent, celle-ci se colore en jaune ou en brun foncé, selon sa concentration et le temps qu'elle est exposée à l'action de la vapeur. Les changemens de couleur sont insensibles tant que la vapeur n'a pas porté la dissolution au degré de l'ébullition. M. Pfaff attribue ces changemens de couleur à une désoxidation ; il en donne pour preuve : 1°. la similitude des changemens de couleur avec ceux produits par la lumière ; 2°. la disparition de la couleur par l'addition de l'acide nitrique ; 3°. le même effet désoxidant de la vapeur d'eau sur d'autres solutions métalliques qui sont facilement désoxidées par la lumière

ou par quelqu'action chimique; 4°. le dégagement de gaz oxigène pendant le procédé.

La preuve la plus convaincante, suivant M. Pfaff, est fournie par une dissolution d'or, tellement étendue qu'elle retienne à peine une teinte de jaune : la vapeur d'eau lui fait prendre une belle couleur bleue, tout-à-fait semblable à celle produite par la teinture de noix de galle.

L'acétate d'argent est beaucoup plus faiblement décoloré que le nitrate : le muriate de platine ne l'est pas du tout, de même que la dissolution de sublimé corrosif, et celle du mercure dans l'acide nitrique. Il est à remarquer que si l'on fait bouillir la dissolution d'argent avant d'y faire arriver la vapeur d'eau, la décoloration qu'elle éprouve est de beaucoup inférieure à celle qui a lieu sans cette circonstance.

C'est d'après des expériences semblables faites avec la vapeur d'eau de mer que M. Hermbstaedt avait admis un principe colorant particulier dans cette eau et dans l'air ambiant.

Observ. du Rédacteur. Les expériences de M. Pfaff ne laissent point un degré complet de conviction. Il n'est pas nécessaire de faire arriver de la vapeur d'eau dans les dissolutions, leur ébullition doit suffire. M. Pfaff n'a pas fait attention à l'acide qui a pu se dégager pendant l'opération. L'air recueilli différait seulement de quelques centièmes de l'air atmosphérique, à l'épreuve du gaz nitreux, et la présence dans cet air d'une aussi grande quantité d'azote donne lieu de croire que M. Pfaff n'a pas séparé complètement l'air contenu dans la dissolution de nitrate d'argent et dans l'eau, de celui dû à la désoxidation. M. Pfaff dit que le précipité formé par

le repos dans le nitrate d'argent, après l'action de la vapeur, est de l'oxide. Il faudrait donc que l'oxigène obtenu fût le résultat de la décomposition de l'acide nitrique ou de celle de l'eau; mais la température de 100° paraît bien insuffisante pour cela. Enfin, pourquoi la désoxidation s'est-elle mieux faite avec le nitrate d'argent qu'avec l'acétate ? etc.

ANALYSE *de la Mine de fer argileuse.*

PAR Mr R. PHILLIPS.

Protoxide de fer avec une trace de manganèse.	43,26;
Acide carbonique..........................	29,30;
Silice et alumine..........................	20,78;
Matière carbonacée........................	2,67;
Chaux.....................................	1,89;
Humidité..................................	1,00;
Perte.....................................	1,10.
	100,00.

La pierre à chaux d'Aberthaw, qui est beaucoup estimée pour l'excellente qualité de la chaux qu'elle donne, a donné à M. Phillips les résultats suivans :

Carbonate de chaux.....	86,17;
Alumine...............	7,10;
Silice................	3,40;
Matière carbonacée.....	1,67;
Humidité..............	1,00;
Oxide de fer...........	0,66.
	100,00.

Analyse *de la Tourmaline*.

Par M. Gmelin.

Les espèces examinées par M. Gmelin sont au nombre de six, et toutes de localités différentes. Elles contiennent de deux à six pour cent d'acide borique, qui paraît en être un ingrédient essentiel. Elles contiennent aussi deux bases alcalines, dans quelques cas la potasse et la soude, et dans d'autres la lithine. La magnésie existe aussi dans quelques échantillons; mais elle ne paraît pas être un ingrédient aussi essentiel que les alcalis précédens. L'oxide de fer est quelquefois très-abondant, et d'autres fois il manque totalement.

La tourmaline rouge de Moravie a donné à M. Gmelin :

Acide borique..........	5,744;
Silice..................	42,127;
Alumine..............	36,430;
Oxide de manganèse....	6,320;
Chaux................	1,200;
Potasse................	2,405;
Lithine............. ..	2,043;
Matière volatile........	1,313.
	97,582.

Ce minéral ne contient pas un atome de soude. La substance que Klaproth et Bucholz ont prise pour cet alcali était un mélange d'acide borique, de potasse et de lithine.

La tourmaline d'Eibenstock en Saxe, qui avait été analysée plus récemment par Klaproth, est composée de :

Acide borique	1,890 ;
Silice	33,048 ;
Alumine......................	38,235 ;
Protoxide de fer	23,857 ;
Soude avec potasse	3,175 ;
Chaux avec traces de magnésie...	0,857.
	101,062.

Application *des Mathématiques à l'analyse chimique.*

Par M. John Davies.

M. John Davies, dans une lettre aux éditeurs des *Annales de Philosophie*, expose une méthode, qu'il croit nouvelle, de déterminer la proportion de deux ou un plus grand nombre de corps, lorsqu'on ne peut les séparer, mais que l'on connaît leur poids total, celui de leurs atomes, et celui des composés avec un même corps dans lesquels on peut les transformer. Il fait l'application de cette méthode à un mélange de chaux et de magnésie en le changeant en sulfates neutres.

Nous sommes loin de contester à M. Davies l'utilité du moyen de calcul qu'il propose ; nous nous bornerons à faire remarquer qu'il a été indiqué dans le douzième volume de ce Journal, page 41, dans la Note ayant pour titre : *Analyse d'un mélange de chlorure de potassium et de chlorure de sodium.*

Baryto-Calcite, *nouveau minéral décrit par* H. J. Brooke.

Ce minéral vient du Cumberland. On l'avait pris pour du carbonate de baryte ; mais sa cristallisation étant évidemment différente de celle de ce dernier sel, M. Broughton le regardait comme quelque chose de nouveau.

La surface extérieure des échantillons est recouverte de sulfate de baryte ; mais ils renferment souvent des cavités tapissées et presque remplies de cristaux dont la forme primitive est un prisme rhomboïde oblique.

Inclinaison de P sur M ou M' 102° 54' ;
M sur M' 106° 54'.

Tous les cristaux sont modifiés, sur quelques-uns de leurs angles et de leurs bords, par des plans très-nombreux et très-irréguliers.

Le minéral est transparent avec une légère couleur d'un brun jaunâtre.

L'éclat en est plus cireux que celui du carbonate de baryte.

Sa dureté est entre celles du carbonate et du fluate de chaux ; sa densité est de 3,66.

Il se dissout rapidement avec effervescence dans les acides.

M. Children, qui en a fait l'analyse, l'a trouvé composé d'un atome de carbonate de chaux et d'un atome de carbonate de baryte. Il y a reconnu des traces de manganèse et de fer, mais pas la plus légère quantité de magnésie.

C'est d'après cette composition que le nom de *baryto-calcite* lui a été donné.

(*Annals of Philos. new series.* VIII. 114.)

Oxide cystique. M. Stromeyer l'a reconnu dans la gravelle d'un malade, et ensuite dans son urine, en quantité considérable. Celle-ci ne renfermait presque pas d'acide urique, et l'urée n'était pas dans son état naturel.

Cause de l'odeur du gaz hydrogène. Si l'on fait passer dans de l'alcool pur du gaz hydrogène obtenu par la dissolution du fer dans l'acide sulfurique, il perd presque entièrement son odeur. L'eau ajoutée à l'alcool le rend laiteux, et par un repos de quelques jours, il se sépare une huile volatile qui est la cause de l'odeur bien connue du gaz hydrogène.

On obtient ce gaz parfaitement inodore en mettant dans l'eau pure un amalgame de potassium; mais si on ajoutait à l'eau un acide ou du sel ammoniac pour accélérer le développement du gaz, celui-ci aurait alors l'odeur que l'on remarque pendant la dissolution du zinc dans l'acide sulfurique faible. (*Berzelius.*)

Nouvelle Mine de plomb. Le minéral a une couleur pâle d'un jaune de paille; il se brise facilement; sa cassure est foliée dans deux directions faisant entre elles un angle compris entre 102° et 103°. Au chalumeau, il décrépite légèrement et se fond avec facilité en un globule qui, après le refroidissement, est d'une couleur jaune plus foncée que le minéral. Sur le charbon, il se

réduit en plomb métallique en exhalant des fumées d'acide muriatique ; il donne aussi, à la flamme du chalumeau, avec le sel de phosphore et le peroxide de cuivre, la couleur bleue foncée qui caractérise cet acide. L'acide nitrique faible le dissout avec une légère effervescence, très-inégale dans divers fragmens. Il est composé de :

Oxide de plomb,	90,13 ;
Acide muriatique,	6,84 ;
Acide carbonique,	1,03 ;
Eau,	0,54 ;
Silice,	1,46 ;
	100,00 ;

ou de 1 atome de chlorure de plomb ;
2 atomes d'oxide de plomb.

Le carbonate de plomb est indubitablement accidentel ; car il varie dans diverses portions de l'échantillon soumis à l'analyse.

Le nouveau minéral diffère du plomb corné, analysé par Klaproth et Chenevix, dont le clivage est rectangulaire et qui est formé d'un atome de chlorure de plomb uni à un atome de carbonate de plomb. Il diffère aussi du sous-muriate artificiel ordinaire, qui est composé d'un atome de chlorure de plomb et de trois atomes d'oxide de plomb. Il a été trouvé faisant partie d'un échantillon de plomb spathique de Mendip, près de Church-Hill, dans le Sommersetshire. L'échantillon lui-même est principalement composé de carbonate ; mais il contient deux portions d'une couleur plus jaune que le reste, dont l'une est du molybdate de plomb, et l'autre le nouveau minéral.

(*Berzelius.*)

OBSERVATION *sur la quantité de chaleur dégagée pendant la combustion.*

M. DESPRETZ a trouvé, dans ses recherches sur la respiration, que l'hydrogène fond, en brûlant, 315,2 fois son poids de glace, et le charbon 104,2. Il est remarquable que les nombres 315,2 et 104,2 sont presque rigoureusement proportionnels aux poids de l'oxigène absorbé par l'hydrogène et par le carbone. Car, d'après les proportions chimiques de Berzelius, supposant le premier nombre 315,2, le second serait 104,066. Cette observation est favorable à la conjecture que j'ai hasardée (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XIX, p. 425), savoir : *que les quantités de chaleur dégagées dans la combustion sont en proportions définies.*

On a pu voir que, dans les combustions que j'avais rapportées, la chaleur produite par celle du charbon s'écartait beaucoup de la loi présumée, et c'est à présent, d'après les résultats de M. Despretz, celle qui s'en écarte le moins. WELTER.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	739,92	+17,2	93	738,53	+18,9	93	738,03	+18,3	98	743,75	+13,8	98	+18,9	+12,8	Pluie.	S. S. E.
2	749,11	+15,8	87	749,07	+17,6	76	749,06	+18,3	91	751,04	+12,0	95	+18,8	+19,3	Nuageux.	S. fort.
3	755,16	+14,1	94	755,57	+16,3	90	754,91	+16,6	84	753,81	+12,8	94	+18,6	+10,3	Couv., léger brouill.	S.
4	751,96	+14,1	90	751,33	+16,9	76	750,44	+18,8	73	752,12	+14,0	99	+18,8	+ 9,5	Nuageux.	S. S. E.
5	748,98	+15,5	98	750,76	+20,1	90	747,18	+21,0	86	746,48	+15,3	98	+21,0	+13,3	Couvert.	S. S. E.
6	743,84	+16,6	98	743,14	+19,1	92	742,26	+19,0	93	742,28	+15,5	96	+19,4	+14,5	Petite pluie.	S.
7	743,45	+17,0	98	743,30	+18,5	92	742,96	+19,5	88	743,48	+14,5	97	+19,5	+14,5	Pluie par intervalles.	S.
8	743,53	+16,3	90	743,11	+18,0	89	741,96	+18,0	90	743,10	+14,4	98	+19,3	+14,0	Couvert.	S.
9	748,73	+14,5	94	749,65	+16,3	82	749,73	+16,6	69	750,78	+10,9	93	+17,4	+10,9	Couvert.	O.
10	748,57	+12,3	95	746,80	+14,3	93	743,89	+13,8	94	738,81	+11,7	99	+14,3	+ 9,5	Pluie fine.	S.
11	734,32	+14,3	91	734,24	+15,5	87	733,79	+16,0	82	733,15	+11,0	95	+16,0	+11,0	Couvert.	S. fort.
12	728,76	+13,3	87	728,60	+12,5	90	729,19	+14,5	80	734,45	+11,3	80	+14,5	+11,0	Pluie par intervalles.	S. fort.
13	751,28	+10,3	91	742,73	+10,9	89	744,08	+ 9,8	82	747,24	+ 7,3	95	+11,5	+ 7,3	Pluie par intervalles.	N. O.
14	750,96	+ 8,6	91	750,21	+11,5	74	749,80	+11,5	68	750,32	+ 5,3	97	+11,5	+ 4,3	Nuageux.	O.
15	749,96	+ 5,5	94	749,28	+10,3	84	748,71	+12,1	74	749,35	+ 8,3	98	+12,1	+ 1,1	Légers nuages.	S. E.
16	753,44	+ 7,0	81	754,24	+ 9,5	68	754,17	+ 9,5	62	756,75	+ 3,5	90	+ 9,5	+ 3,5	Nuageux.	N. O.
17	759,43	+ 4,1	89	759,85	+ 8,3	75	759,43	+10,5	65	761,00	+ 5,9	80	+10,5	+ 0,5	Nuageux.	N. O.
18	763,79	+ 7,5	82	764,25	+ 9,9	72	763,69	+10,5	62	764,10	+ 8,8	81	+10,5	+ 4,5	Nuageux.	N. O.
19	765,42	+ 9,5	82	765,00	+12,5	74	764,31	+13,8	80	763,98	+ 9,5	81	+13,8	+ 4,5	Quelques nuages.	O.
20	763,28	+ 8,9	82	762,66	+12,6	73	761,84	+12,8	69	761,86	+ 6,3	82	+12,8	+ 3,8	Nuages clairs.	S.
21	761,22	+ 5,4	82	760,83	+11,8	82	759,55	+13,8	72	759,56	+ 8,5	83	+13,8	+ 3,6	Légers nuages.	S. E.
22	758,58	+ 8,4	83	757,64	+13,4	82	756,95	+15,8	80	756,60	+12,5	84	+15,8	+ 3,5	Nuageux.	S. E.
23	758,09	+15,1	84	758,25	+18,4	82	758,23	+17,9	82	758,95	+12,0	85	+18,4	+11,8	Très-nuageux.	S. O.
24	755,65	+12,1	96	754,00	+16,0	86	752,59	+17,0	88	750,52	+10,5	98	+17,0	+ 9,8	Ciel trouble.	S. E.
25	751,61	+13,5	97	751,20	+15,9	86	750,90	+16,4	89	752,06	+11,8	99	+16,8	+11,5	Nuageux.	S.
26	749,74	+12,3	96	749,70	+14,5	95	746,93	+14,6	80	749,31	+11,0	87	+14,6	+10,0	Pluie, averse.	S. fort.
27	749,50	+12,0	90	751,43	+14,5	80	752,00	+14,0	83	751,58	+11,8	98	+14,5	+ 9,3	Couvert.	O.
28	751,54	+10,6	99	752,20	+13,6	98	751,24	+14,6	98	750,16	+15,5	99	+15.5	+ 9,3	Couvert.	S. fort.
29	750,42	+14,1	99	750,25	+14,0	99	749,48	+14,4	99	749,23	+12,0	89	+15,5	+12,0	Pluie continuelle.	O.
30	755,46	+10,4	94	757,31	+ 8,1	95	759,62	+10,0	79	761,31	+ 5,9	91	+10,4	+ 5,9	Pluie abondante.	N. O. fort.
31	763,77	+ 6,8	90	763,00	+ 9,4	81	760,40	+ 9,9	86	755,17	+ 9,7	98	+ 9,8	+ 4,8	Couvert.	O.
1	747,32	+15,4	95	747,12	+16,6	87	746,04	+18,0	87	748,35	+13,5	96	+18,6	+11,9	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	751,11	+ 8,9	87	751,11	+11,3	79	750,66	+12,1	72	752,22	+ 7,7	89	+12,3	+ 5,2	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 10,985
3	755,05	+11,0	92	754,80	+15,6	88	754,35	+14,4	85	755,56	+11,0	93	+14,7	+ 8,7	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 8,958
	751,16	+11,8	91	751,01	+13,8	85	750,57	+14,8	81	750,95	+10,8	92	+15,2	+ 8,6	Moyennes du mois, +11°,9.	

OBSERVATIONS *relatives à un Mémoire sur l'Equilibre d'une masse fluide, inséré dans les* Transactions philosophiques *de cette année.*

PAR M. POISSON.

LES conditions nécessaires et suffisantes pour l'équilibre d'une masse fluide homogène et incompressible se réduisent à deux. Il faut et il suffit :

1°. Que la somme des forces qui agissent sur une molécule quelconque, multipliées chacune par l'élément de sa direction, soit une différentielle exacte par rapport aux trois coordonnées de cette molécule ;

2°. Que, relativement aux points de la surface libre du fluide, la résultante de ces forces soit dirigée suivant la normale, et de dehors en dedans : la pression extérieure, supportée par cette surface, peut avoir une grandeur quelconque, qui est supposée la même en tous ses points.

Si le fluide que l'on considère, au lieu d'être en équilibre, tourne autour d'un axe fixe avec une vitesse de rotation constante, les conditions, pour qu'il conserve cette figure permanente, seront les mêmes que celles de l'équilibre, en comprenant les forces centrifuges de ses molécules parmi les forces données qui leur sont appliquées. La force centrifuge de chaque molécule agissant suivant la perpendiculaire abaissée de ce point sur l'axe de rotation, et étant proportionnelle à la longueur de cette droite, il en résulte que cette force multipliée par l'élément de sa direction est une différentielle exacte ; en sorte que la première condition d'équilibre est tou-

jours remplie par rapport aux forces provenant de la rotation du fluide.

Ces propositions ont d'abord été démontrées par Clairant, ensuite par Euler, qui les a déduites de considérations différentes, et elles ont passé maintenant dans la plupart des Traités de Mécanique. Cependant on trouve, dans le volume des *Transactions philosophiques,* que l'Académie des Sciences vient de recevoir, un Mémoire de M. Ivory, où cet estimable géomètre veut établir, pour le cas où les molécules fluides sont soumises à leur action mutuelle, la nécessité d'une nouvelle condition d'équilibre à laquelle on n'aurait point pensé jusqu'à présent, et qui ne serait pas comprise dans les propositions précédentes. Le nom de l'auteur et l'importance de la question qu'il a traitée m'ont engagé à lire son ouvrage avec toute mon attention; et, après l'examen que j'en ai fait, j'ai pensé que les réflexions suivantes seraient propres à dissiper tous les doutes que le Mémoire de M. Ivory pourrait jeter sur les équations générales de l'hydrostatique, regardées depuis long-temps par les géomètres comme complètes, et ne laissant à surmonter, dans chaque problème particulier, que des difficultés d'analyse.

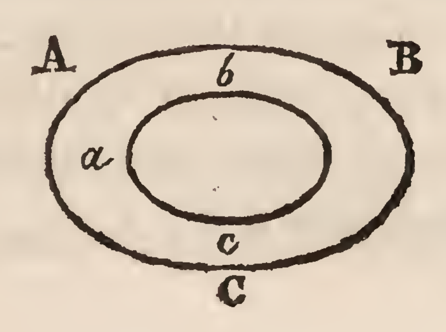
Nous supposerons les molécules fluides sollicitées par leur action mutuelle et par d'autres forces dirigées vers des centres fixes, ou perpendiculairement à un axe fixe, afin d'y comprendre le cas des forces centrifuges. De plus, nous regarderons les intensités de ces diverses forces comme des fonctions des distances aux centres dont elles émanent; ce qui a effectivement lieu dans la nature. Dans ces hypothèses, la première des deux condi-

tions d'équilibre énoncées plus haut, qui se rapporte à l'intégrabilité de la somme des produits de chaque force par l'élément de sa direction, se vérifiera immédiatement, et il ne restera plus que la condition relative à la surface libre du fluide. Si l'on désigne par V l'intégrale de cette somme de produits, l'équation différentielle de la surface d'équilibre, résultant de la seconde condition d'équilibre, sera :

$$dV = o.$$

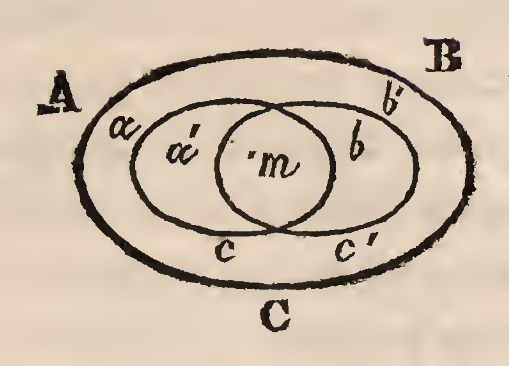
En intégrant, on aura $V = c$, c étant une constante arbitraire dont la valeur dépendra du volume total de la masse fluide. Cette équation $V = c$ appartiendra non-seulement à la surface extérieure du fluide, mais aussi à une infinité de surfaces tracées dans son intérieur, qui différeront l'une de l'autre par la valeur de la constante c. Ces surfaces ont toutes la propriété de couper à angles droits, en tous leurs points, la résultante des forces qui agissent sur les molécules fluides, et pour cette raison, on les appelle *surfaces de niveau* : elles ont aussi la propriété que la pression demeure constante dans toute l'étendue de chacune d'elles ; car la pression en chaque point de la masse fluide est une fonction des coordonnées de ce point, dont la différentielle est égale à dV. En général, la différence des valeurs de V relatives à deux points de cette masse est la différence des pressions qui ont lieu en ces mêmes points.

Maintenant soit ABC une masse fluide homogène,



en équilibre en vertu de l'action mutuelle de ses particules et d'autres forces centrales. Prenons, dans son intérieur, une portion de fluide que nous appellerons μ, pour abréger, et dont la surface abc soit telle que cette masse fluide μ demeurerait en équilibre si l'on enlevait la couche comprise entre cette surface et la surface extérieure ABC du fluide total. Il en résultera réciproquement que l'équilibre de la masse fluide μ ne sera pas troublé si on l'enveloppe de la couche comprise entre les deux surfaces abc et ABC, quoique les molécules de cette couche fluide agissent sur celles du fluide μ : or, M. Ivory conclut de là qu'il est nécessaire que les actions de la couche extérieure sur un point quelconque de la masse μ se détruisent pour chacun de ces points en particulier; en sorte qu'il faudrait que les deux surfaces abc et ABC, qui terminent la couche extérieure, fussent telles que l'action totale de cette couche sur un point quelconque de l'espace intérieur, terminé par la surface abc, fût égale à zéro ; ce qui renfermerait une nouvelle condition des surfaces d'équilibre, non comprise dans les équations ordinaires de l'hydrostatique. Mais une réflexion bien simple suffira pour montrer d'abord qu'aucune masse fluide dont les molécules s'attirent mutuellement ne pourrait demeurer en équilibre si cette condition nouvelle devait être remplie.

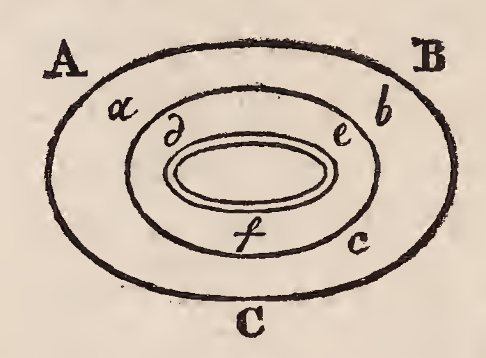
En effet, supposons que cette condition soit remplie par rapport à l'espace terminé par la surface abc. Prenons ensuite, dans l'intérieur du fluide total ABC, une autre portion μ' de fluide, égale et semblable à μ, et terminée par une surface $a'b'c'$:



S'il n'existe aucune force dirigée vers des centres fixes qui agissent sur les molécules du fluide que nous considérons, l'équilibre de la masse μ ne dépendra pas de sa position absolue dans l'espace, et par conséquent la masse μ', qui ne diffère de μ que par cette position, devra rester en équilibre après qu'on aura enlevé la couche comprise entre les surfaces $a'b'c'$ et ABC. Il faudrait donc, suivant M. Ivory, que l'action totale de cette couche fluide, sur un point quelconque de l'espace terminé par $a'b'c'$ fût égale à zéro, de même que l'action totale de la couche comprise entre les surfaces abc et ABC est nulle pour un point quelconque de l'espace terminé par abc : or, m étant un point commun aux deux espaces intérieurs, il est évident que les actions des deux couches fluides extérieures sur ce point ne peuvent être nulles en même temps ; car, en passant de l'une des couches à l'autre, on retranche une portion de fluide qui tirait le point m dans un sens, de gauche à droite, par exemple ; et l'on ajoute une autre portion qui tirera ce point en sens contraire, ou de droite à gauche ; ce qui détruira l'égalité d'action dans les deux sens, si elle existait par rapport à la première couche. Le raisonnement que nous faisons subsisterait encore si la masse fluide ABC tournait autour d'un axe fixe, et que l'on eût égard aux forces centrifuges de ses molé-

cules, pourvu que, dans ce cas, les surfaces semblables *abc* et *a′b′c′* fussent traversées par l'axe fixe en des points homologues. D'après ce raisonnement, il ne pourra rester aucun doute que la condition d'équilibre exigée par M. Ivory ne soit ni nécessaire, ni même possible à remplir en général. Nous allons actuellement examiner comment l'équilibre de la masse μ peut n'être pas troublé par l'addition d'une couche fluide de la même densité que μ, qui agit par attraction sur cette masse, et qui exerce en outre sur cette surface des pressions différentes en différens points.

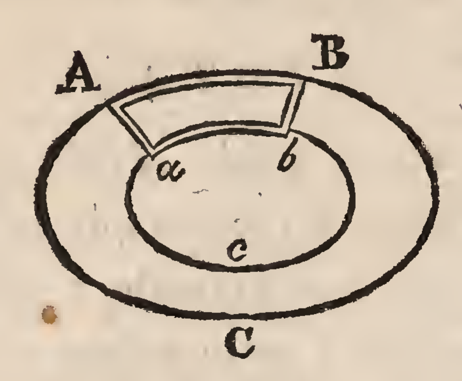
En premier lieu, soit *def* un canal infiniment étroit, rentrant sur lui-même et compris dans la masse μ, terminée par la surface *abc*. Clairant a démontré



synthétiquement que les attractions d'un ou de plusieurs centres quelconques, sur tous les points d'un tel canal, aussi-bien que les forces centrifuges de ces mêmes points, se détruisent mutuellement, sans pouvoir mettre en mouvement le fluide contenu dans ce canal. Ainsi, l'action de tous les points de la couche fluide, comprise entre *abc* et *ABC*, ne saurait troubler l'équilibre du fluide contenu dans les différens canaux, rentrans sur eux-mêmes, que l'on peut tracer dans l'intérieur de la masse μ, ni par conséquent l'équilibre de la masse entière. Reste donc à considérer les

pressions que cette couche extérieure exerce sur la surface abc.

Pour cela, soit à $aABb$ un canal rentrant sur lui-même et formé de quatre branches,



dont l'une ab appartient seule à la masse intérieure μ et est couchée sur sa surface abc; l'autre AB est couchée sur la surface extérieure ABC; et les deux branches Aa et Bb sont rectilignes et normales à la surface abc aux points a et b. L'action de tous les points de la masse fluide ABC, jointe à la force centrifuge et aux autres forces centrales, s'il en existe, ne pourra, d'après ce qu'on vient de dire, mettre en mouvement le fluide contenu dans ce canal $aABb$: or, si l'on décompose toutes ces forces, en chaque point du canal et suivant sa direction; que l'on représente par T et t les sommes de ces composantes, respectivement tangentes aux courbes AB et ab, le sens de forces positives étant de a et A vers B et b, et celui des forces négatives de B et b vers A et a; que l'on représente de même par p et q les sommes des composantes relatives aux branches Aa et Bb, les forces positives agissant de dehors en dedans, ou de A et B vers a et b, et les négatives de a et b vers A et B, l'effort du fluide Aab pour s'élever dans la branche bB aura pour mesure $p+t$, et l'effort, en sens contraire, du fluide ABb pour péné-

trer dans la branche ba sera exprimé par $T+q$: donc le fluide contenu dans le canal $aABb$ ne devant pas s'y mouvoir, il faudra que ces deux efforts se détruisent ; ce qui exige qu'on ait

$$p+t=T+q.$$

A cause que la masse totale ABC est en équilibre, la résultante de toutes les forces qui agissent en chaque point de AB doit être normale à cette courbe ; les composantes tangentes à cette même courbe sont donc nulle, et l'on a $T=o$. De plus, désignons par θ la partie de t qui provient de l'action de la masse intérieure μ, de la force centrifuge et des autres forces centrales, et par δ la partie de t, due aux actions de tous les points de la couche extérieure compris entre les deux surfaces abc et ABC, en sorte qu'on ait $t=\theta+\delta$: puisque l'équilibre de la masse μ avait lieu avant l'addition de la couche extérieure, on devra avoir $\theta=o$ par rapport à la courbe ab, de même qu'on a $T=o$ relativement à la courbe AB ; on aura donc simplement $t=\delta$, et l'équation précédente sera réduite à

$$\delta=q-p.$$

Les quantités p et q sont les excès des pressions qui ont lieu aux poins a et b sur celles qui existent aux points A et B : celles-ci étant supposées nulles ou égales entre elles, $q-p$ sera la différence des pressions relatives aux deux extrémités b et a du canal ab ; et l'excès de l'une de ces pressions sur l'autre sera détruit, comme on voit, par la somme δ des actions de la couche extérieure contenue entre les surfaces abc et ABC, sur tous les points de ce canal et dans le sens

de sa direction. C'est de cette manière que l'équilibre de la masse μ n'est pas troublé par les pressions inégales exercées sur la surface abc par la couche fluide qui l'enveloppe de toutes parts.

La surface abc, qui était une surface de niveau avant l'addition de la couche extérieure, cesse, en général, d'en être une après cette addition, sans que l'équilibre de la masse fluide, terminée par cette surface, soit troublé. Cela n'a rien d'impossible, parce que l'on suppose cette couche formée du même fluide que la masse primitive; mais il n'en serait plus de même si le fluide primitif et le fluide ajouté avaient des densités différentes. En effet, il est nécessaire, pour l'équilibre des fluides hétérogènes, que chaque couche d'une épaisseur infiniment petite, comprise entre deux surfaces de niveau, ou ce qu'on appelle *une couche de niveau*, ait la même densité dans toute son étendue; la surface abc qui sépare les deux fluides doit donc être une surface de niveau; par conséquent l'addition de la couche extérieure, d'une densité différente du fluide primitif, devra en général changer la forme de ce fluide et troubler son équilibre. Si les molécules des fluides que l'on considère ne sont pas soumises à leurs attractions mutuelles, on aura $\delta = o$, et par conséquent $q = p$; la pression sera donc la même en tous les points de la surface abc, qui continuera d'être, dans ce cas particulier, une surface de niveau : ce qu'on voit d'ailleurs, en observant que l'intégrale représentée plus haut par V, ne provenant pas de l'action des molécules fluides, restera constante à la surface abc, après l'addition de la couche extérieure, comme elle l'était auparavant.

Dans le Mémoire qui fait l'objet de ces observations, l'auteur considère spécialement le cas d'un fluide homogène, tournant autour d'un axe fixe avec une vitesse donnée, et dont les molécules s'attirent en raison inverse du carré des distances. Il prouve que dans ce cas, si une masse fluide ABC est en équilibre, toute autre masse semblable abc, de la même densité et tournant avec la même vitesse que la première, sera aussi en équilibre : proposition dont l'inverse ne serait pas vraie; car on sait que pour une même densité et une même vitesse de rotation, qui ne dépasse pas une certaine limite, il y a deux ellipsoïdes dissemblables qui satisfont à l'équilibre d'une masse fluide. La couche fluide contenue entre les deux surfaces semblables ABC et abc ne devrait donc exercer, d'après la condition d'équilibre que M. Ivory croit nécessaire, aucune action sur des points quelconques de l'espace intérieur, terminé par la seconde surface; d'où l'auteur conclut, en donnant le même centre de gravité aux volumes compris sous l'une et l'autre surface, que la surface d'équilibre ABC ne peut être que celle d'un ellipsoïde de révolution. Mais la condition d'équilibre sur laquelle il s'appuie n'étant pas nécessaire, la conclusion qu'il en déduit ne l'est pas non plus, et il n'est pas encore prouvé que la figure elliptique soit *la seule* qui convienne à l'état permanent d'une masse fluide tournant autour d'un axe fixe. Cette proposition n'a été démontrée jusqu'ici qu'en supposant le sphéroïde peu différent d'une sphère; dans le cas général, on a seulement vérifié que l'ellipsoïde satisfait à l'équilibre, pourvu toutefois que la force centrifuge ne dépasse pas une limite dépendante de la

densité du fluide et qui n'est pas celle où il commencerait à se dissiper dans l'espace (1).

Lorsque le fluide n'est soumis qu'à la force centrifuge et à d'autres forces dirigées vers des centres fixes, l'équation $V = c$, citée plus haut, fait connaître immédiatement sa figure d'équilibre; mais si ses molécules sont sollicitées par leur attraction mutuelle, l'attraction de la masse sur un point de sa surface dépend, en général, de la forme que prendra le fluide, et cette forme dépend de cette attraction; ce qui rend très-difficile la détermination de la surface d'équilibre. Je ne vois qu'un seul cas où la question puisse être résolue directement et d'une manière complète : ce cas a lieu quand on suppose l'attraction mutuelle proportionnelle à la distance des molécules; l'attraction d'un sphéroïde sur un point quelconque, intérieur ou extérieur, est alors indépendante de sa forme : elle est dirigée vers son centre de gravité, et exprimée par mr; r étant la distance du point attiré à ce centre, et m la masse du sphéroïde. Il en résulte que l'ellipsoïde de révolution est la seule figure permanente d'une masse fluide homogène, tournant autour d'un axe fixe et soumise à cette sorte d'attraction. Dans ce cas, on voit aussi que si deux masses fluides sont en équilibre autour du même axe de rotation, et ont un même centre de gravité, la couche comprise entre leurs surfaces exercera sur tous les points de la masse intérieure une attraction proportionnelle à la masse de cette couche fluide, et dirigée vers le centre de gravité des deux masses; laquelle force ne sera pas,

---

(1) *Mécanique céleste*, tome II, page 57.

par conséquent, normale à la surface elliptique de la masse intérieure. Cet exemple suffirait seul pour justifier les observations générales que nous avons faites sur l'équilibre d'une portion de fluide prise dans l'intérieur d'une masse homogène également en équilibre.

Résumé *théorique des Propriétés de la chaleur rayonnante.*

Par M. Fourier.

Nous réunissons dans ce Mémoire les théorêmes qui expriment les lois de l'équilibre de la chaleur rayonnante, afin d'appeler l'attention sur cette nouvelle branche de la physique mathématique, en indiquant ses limites actuelles et les recherches qui pourraient servir à la perfectionner.

I.

Chaque élément de la surface extérieure d'un corps échauffé est le centre d'une infinité de rayons de chaleur qui se répandent dans l'espace suivant différentes directions. Cet élément peut être considéré comme un disque infiniment petit, servant de base à des cylindres qui ont toutes les inclinaisons possibles, et dont chacun contient une infinité de rayons parallèles.

La chaleur rayonnante envoyée ainsi dans l'espace extérieur par l'élément ω d'une surface est formée de deux parties distinctes : l'une sort de l'intérieur même de la masse M, à laquelle la surface ω appartient ; l'au-

tre est celle que la même surface ω réfléchit et qu'elle a reçue des corps environnans. Nous ne connaissons point la nature des forces qui projettent au dehors la chaleur dont les corps sont pénétrés, ou qui réfléchissent vers l'espace extérieur une partie des rayons qui tombent sur la superficie ; mais nous observons les effets que ces causes produisent : c'est le calcul de ces effets qui est l'objet de nos recherches.

La chaleur incidente qu'un élément ω reçoit des corps environnans se divise en deux parties, dont l'une pénètre la masse M, tandis que l'autre est réfléchie dans l'espace extérieur, en formant l'angle d'incidence égal à l'angle de réflexion. Quant aux rayons que le corps M tend à projeter, ils sont soumis à l'action d'une cause semblable, et subissent une sorte de réflexion intérieure. Une partie de ceux qui sont émis par les molécules du corps M les plus voisines de la surface, et qui parviennent à l'élément ω sous un certain angle, poursuivent leur route en ligne droite dans l'espace environnant. C'est en cela que consiste l'émission propre. Une autre partie de la chaleur que le corps tend à projeter ne pénètre pas au-delà de ω ; elle rentre dans la masse.

Les rayons propres émis par le corps M à travers l'élément ω s'ajoutent aux rayons que cette petite surface reçoit de l'extérieur et qu'elle réfléchit. La quantité totale de chaleur rayonnante envoyée par ω se compose de ces deux espèces de rayons, les uns projetés directement, les autres réfléchis. Il est évident que les rayons envoyés par les corps extérieurs et qui sont réfléchis par ω se forment aussi de chaleur directe et de chaleur

réfléchie. Nous ne considérons point ces rayons à la surface des corps extérieurs qui les renvoient, mais à la surface du corps M qu'ils pénètrent ou qui les réfléchit.

II.

Diverses expériences avaient donné lieu de conclure que la quantité de chaleur rayonnante qu'un élément ω de la surface envoie dans une direction donnée est d'autant moindre que cette direction fait un angle plus petit avec la surface ω, et que cette quantité est proportionnelle au sinus de l'inclinaison. Nous allons faire connaître comment la théorie confirme et explique cette conséquence. Une proposition de cette nature, analogue aux théorêmes de géométrie et de statique, peut être indiquée par la voie expérimentale; mais elle exige une démonstration théorique qui lève tous les doutes provenans de la difficulté des mesures et de l'erreur inévitable des observations.

Il faut d'abord définir exactement la mesure de la quantité de chaleur envoyée à l'espace extérieur, dans chaque direction, par un même élément de la superficie. Pour cela, on se représente tous les rayons parallèles qui forment un seul cylindre oblique dont la base est le disque ω, et dont l'axe fait avec cette base un angle φ. Ces rayons, incessamment renouvelés, traversent un diaphragme qui serait tracé dans le cylindre perpendiculairement à son axe, à une distance quelconque de ω, et l'on peut concevoir que cet effet subsiste toujours le même durant un certain temps pris pour unité. Si l'on pouvait recueillir toute la chaleur qui traverse ainsi, pendant l'unité de temps, le diaphragme du cylindre, et déterminer combien elle fon-

drait de glace, cette quantité de glace fondue serait exprimée en nombre d'unité de poids; c'est ce nombre que nous prenons pour la mesure exacte de la quantité totale de chaleur contenue dans le cylindre oblique. C'est ainsi que l'on peut comparer entr'elles les quantités respectives de chaleur envoyées par le même élément dans des directions différentes. Cette définition est très-propre à éclairer la question, et suffirait en quelque sorte pour la résoudre; mais il est nécessaire de fonder cette résolution sur une démonstration positive. Nous l'avons déduite d'un fait très-général donné par les observations communes, savoir, l'équilibre de chaleur qui s'établit entre tous les corps placés dans le même lieu.

III.

Que l'on se représente une enceinte solide fermée de toutes parts, entretenue, par des causes extérieures quelconques, à une température constante C, commune à tous les points de cette enceinte. On place dans l'intérieur de ce vase fermé plusieurs corps qui peuvent différer entr'eux par la forme et les dimensions, par la nature de la substance et par l'état des surfaces. L'équilibre des températures tend à s'établir de plus en plus entre tous ces corps, et c'est une conséquence manifeste du principe de la communication de la chaleur. En effet, deux molécules voisines, dont les températures sont d'abord différentes, exercent, conformément à ce principe, une action telle que la particule la moins échauffée reçoit de l'autre une partie de la chaleur excédante; et cette chaleur communiquée finit toujours par être exactement proportionnelle à la différence des températures. Il résulte de ce partage continuel et de la tempé-

rature fixe du vase que tous les corps qu'il renferme tendent continuellement à acquérir le même degré de chaleur.

Si l'on suppose que la température C, commune à toutes les parties de l'enceinte solide, est aussi celle que l'on a donnée aux corps M, N, P, placés dans l'espace que cette enceinte termine, il ne pourra survenir aucun changement, et chacun des corps conservera cette température primitive C. Mais si un ou plusieurs de ces corps avaient une température moindre que C, lorsqu'ils ont été apportés dans l'enceinte, il s'y échaufferont progressivement, et, après un certain temps, ils auront acquis une température très-peu différente de C. Cette différence diminue de plus en plus, et devient plus petite que toute quantité donnée. Le même effet se produit en sens contraire si la température initiale des corps M, N, P surpasse celle de l'enceinte. Le fait général que l'on vient d'énoncer subsiste, quel que soit l'état de diverses parties de la surface de l'enceinte; il suffit que tous les points aient une température commune et constante. Ce fait est indépendant de la nature et de la forme des corps M, N, P, solides, liquides ou aériformes. La quantité de chaleur qui pénètre ces corps et le temps que chacun met à l'acquérir, diffèrent beaucoup, selon l'espèce des substances; mais leur température finale est la même; elle est nécessairement celle de l'enceinte. Cette considération de l'équilibre des températures dans un vase fermé est le vrai fondement de la théorie mathématique de la chaleur rayonnante, et dérive, comme nous l'avons dit, du principe de la communication de la chaleur : c'est dans cette

classe de phénomènes le fait le plus général et le plus constant que l'on ait observé.

IV.

Il faut maintenant expliquer comment cette notion de l'équilibre sert à déterminer la loi du rayonnement. Chaque partie infiniment petite de la surface d'un corps échauffé est le centre d'un hémisphère rempli de chaleur rayonnante. Tous les élémens de la surface hémisphérique (dont le rayon est 1) sont traversés, pendant la durée d'un même instant, par des quantités de chaleur que l'on ne serait point fondé à supposer égales. Il s'agit de découvrir la loi de la distribution de la chaleur à la surface de l'hémisphère. Pour cela, on considère une enceinte solide que terminent de toutes parts des surfaces d'une forme donnée, retenues dans chacun de leurs points à une température commune et constante C. On se représente qu'une molécule sphérique, infiniment petite, est placée dans un des points de l'espace intérieur, par exemple, au centre d'une surface sphérique, et l'on se propose de déterminer la température finale que la molécule doit acquérir. Cette température finale est telle que la molécule l'ayant acquise, envoie à l'enceinte une quantité de chaleur précisément égale à celle qu'elle en reçoit; car si ces deux quantités n'étaient pas égales, il est évident que la molécule changerait de température : c'est sur ce principe que le calcul est fondé. Nous supposons que l'on ignore si les rayons envoyés par un élément ω de l'enceinte, selon différentes directions, contiennent, en effet, d'autant moins de chaleur qu'ils sont plus inclinés sur ω, et quelle est la loi du décroissement, c'est-à-dire quelle est la

quantité de chaleur contenue dans le cylindre qui a pour base ω, et dont l'axe fait avec la même surface ω un angle donné φ. On regardera donc cette quantité de chaleur contenue dans chaque rayon comme proportionnelle à une fonction indéterminée du sinus de l'angle φ, et l'on trouvera facilement, par les règles communes de calcul intégral, l'expression de la température finale α que la molécule doit acquérir Cette expression contiendra la fonction indéterminée f (sin. φ). On cherchera ensuite à reconnaître la nature de la fonction en comparant la valeur de α à celle de la température commune de l'enceinte.

V.

Ce sont des calculs de ce genre qui nous ont prouvé que la quantité totale de chaleur rayonnante envoyée par un élément quelconque du vase fermé est, comme les expériences l'avaient indiqué, proportionnelle au sinus de l'inclinaison. Par exemple, nous avons supposé une enceinte sphérique, et la molécule placée au centre, ou un espace terminé par deux plans infinis et parallèles qui tiennent lieu de l'enceinte. Nous avons aussi attribué à cette enceinte la forme d'une enveloppe cylindrique terminée par deux faces circulaires. Dans ces divers cas, et dans tous ceux que nous avons soumis au calcul, on trouve que si la quantité de chaleur envoyée par le disque infiniment petit ω était la même dans toutes les directions, les phénomènes seraient totalement contraires à ceux que l'on observe. La température acquise par la molécule changerait avec sa situation dans l'espace. On trouverait la température de la glace dans une enceinte retenue au degré de l'ébullition de l'eau, et

celle de la fusion du fer dans une enceinte glacée. Mais si, au contraire, la chaleur envoyée est en chaque élément proportionnelle au sinus de l'inclinaison, il n'y a aucun point de l'espace intérieur dans lequel la molécule n'acquière la température même de l'enceinte. Il serait superflu de rapporter ici ces calculs, on les trouve dans notre Mémoire de 1811 (Nouv. Mém. Acad. roy. des Sciences, tome v), articles 90, 91, 96, et dans les *Annal. de Chim. et de Physiq.*, tome IV, pag. 128, année 1817.

VI.

Il est facile de généraliser ces conséquences et de démontrer que si la chaleur contenue dans chaque rayon est proportionnelle au sinus de l'angle que ce rayon fait avec l'élément qui l'envoie, la température finale acquise par un corps placé dans un vase fermé ne dépend point de la forme du vase, et qu'elle est toujours la même que la température de l'enceinte. Ce résultat a lieu, quels que soient le nombre des corps, leurs dimensions et les lieux qu'ils occupent. Chaque élément infiniment petit de la surface d'un de ces corps, ou de celle de l'enceinte, est la base commune d'une infinité de rayons qui s'éloignent de ce centre, et forment un hémisphère rempli de chaleur. Le même élément reçoit, selon les directions contraires, un pareil nombre de rayons respectivement égaux à ceux qu'il envoie, et qui par conséquent apportent des quantités de chaleur proportionnelles aux sinus de l'inclinaison. (Art. 96 et 97 du Mémoire déjà cité de 1811.)

Il est surtout nécessaire de remarquer, 1°. que la conséquence mathématique dont il s'agit appartient au cas

de l'équilibre, c'est-à-dire, à celui où toutes les parties de l'enceinte ont une température commune : dans ce cas, il est démontré que les quantités de chaleur envoyées en différens sens par un même élément sont entr'elles comme les sinus de l'inclinaison ; 2°. que cette quantité de chaleur envoyée par la surface ω n'est pas seulement formée du produit de l'émission directe, mais encore de la chaleur réfléchie par le même élément. Ainsi la proposition précédente exprime la loi de l'émission totale ou celle du rayonnement, et non la loi de l'émission directe, que l'on pourrait supposer très-différente.

VII.

Après avoir reconnu, par l'examen des questions précédentes, que les résultats des observations sont clairement expliqués, dès que l'on regarde les quantités de chaleur envoyées par chaque particule de la surface comme proportionnelles aux sinus de l'inclinaison, nous avons considéré attentivement les conséquences les plus générales de cette loi. On peut les énoncer comme il suit.

1°. Lorsque la loi dont il s'agit subsiste, l'équilibre de la chaleur rayonnante a lieu d'élément à élément, c'est-à-dire que si l'on compare seulement deux surfaces infiniment petites ω et ω' qui sont en présence l'une de l'autre, soit qu'elles appartiennent à l'enceinte ou aux masses qu'on y a placées, il arrive toujours que l'un des élémens reçoit de l'autre une quantité de chaleur exactement égale à celle qu'il lui envoie. Cette propriété ne peut convenir qu'à la loi précédemment énoncée. L'équilibre d'élément à élément ne résulterait d'au-

cune autre loi ; il suppose nécessairement que la chaleur envoyée ou reçue est proportionnelle au sinus de l'angle que le rayon fait avec la surface. (Mémoire de 1811, art. 96.)

2°. Si, en désignant un élément de l'espace intérieur, on calcule combien cette sphère infiniment petite reçoit de chaleur de toutes les parties de l'enceinte ou des corps interposés, on trouve une quantité constante qui ne dépend aucunement de la position du point ou de la figure du vase. Chaque point de l'espace est le centre d'une infinité de rayons d'une égale intensité qui arrivent et s'éloignent selon toutes les directions.

3°. Il est facile de mesurer la quantité de chaleur qu'une surface d'une forme quelconque, et dont toutes les parties ont la même température, envoie à un point de l'espace lorsque l'équilibre subsiste. Il faut regarder ce point comme le sommet d'un cône qui enveloppe la surface donnée, et tracer une surface hémisphérique d'un rayon égal à 1, dont le centre soit en ce point. La partie de la surface hémisphérique qui est comprise dans ce cône, c'est-à-dire, la capacité où l'ouverture du cône mesure la quantité de chaleur envoyée. Nous avons appliqué cette construction dans une Note intitulée : *Question sur la Théorie physique de la chaleur rayonnante.* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, tom. VI, ann. 1817, art. 7 et 8.)

Si l'on considère le cas de l'équilibre, la conséquence est rigoureusement exacte. Si les surfaces ont des températures inégales, mais assez peu différentes, et si les incidences ne sont pas très-obliques, on peut encore faire usage de cette construction en considérant séparément

l'effet de chaque surface. On explique très-clairement, par ce moyen, plusieurs effets remarquables, par exemple, ceux qui dépendent de la réflexion apparente du froid. (*Ann. de Chim. et de Phys.*, note citée, art. 9, 10 et 14.)

4°. Si l'on conçoit une surface tracée d'une manière quelconque dans l'espace que l'enceinte termine, et si, désignant un élément ω de cette surface non matérielle, on considère la quantité de chaleur qui le traverse dans toutes les directions, on voit que la loi du rayonnement est observée par rapport à cet élément, en sorte que les cylindres dont il est la base contiennent des quantités de chaleur proportionnelles aux sinus des angles que les axes des cylindres font avec cette base; l'effet est le même que si l'élément ω appartenait à la surface de l'un des corps qui ont la température finale. Ansi, lorsqu'on retire un de ces corps *M*, *N*, *P* de l'espace intérieur, le rayonnement qui avait lieu en chaque élément de la superficie de ce corps continue de subsister à la surface qui termine le volume qu'il occupait.

C'est la distribution homogène que nous venons de décrire, qui, à proprement parler, constitue l'équilibre de la chaleur rayonnante, et détermine la température de l'espace intérieur. Si l'on divisait cet espace en portions égales, et que l'on pût recueillir la chaleur que renferme chaque portion au commencement d'un instant déterminé, on trouverait ces quantités égales, et leur valeur commune serait la même à tout autre instant.

Quoique la chaleur ne puisse pas être comparée aux matières aériformes, on peut remarquer ici qu'elle jouit d'une propriété statique analogue à celle de ces fluides.

La densité, et par conséquent la force répulsive qui naît de l'action de la chaleur, sont les mêmes dans toutes les parties de l'espace où l'équilibre est formé. Lorsque cette égale distribution est établie, il n'y a aucune cause qui puisse changer les températures.

VIII.

Après avoir démontré les théorêmes énoncés dans les articles précédens, nous avons desiré connaître la cause physique dont ils dérivent. Voici les résultats de cette recherche : on suppose d'abord que la réflexibilité des surfaces est nulle; on considérera ensuite l'effet de cette propriété.

Lorsque la chaleur dont un corps est pénétré s'échappe à travers la superficie, et se porte dans l'espace environnant, il est certain que les rayons émis ne proviennent pas seulement de l'extrême surface. Les points matériels qui sont à une distance très-petite de la superficie concourent évidemment à l'émission. Nous ferons remarquer ici que, dans la théorie dont nous exposons les élémens, on considère des températures limitées comparables à celles qui déterminent les phénomènes naturels à la surface du globe terrestre. Pour les corps opaques et pour cet ordre de températures, il n'y a que les points situés à une profondeur extrêmement petite dont la chaleur émise puisse arriver directement au-delà de l'extrême surface. Il est visible que dans les directions inclinées le produit total de l'émission doit être moindre, parce que les rayons projetés ont à traverser une plus grande distance dans la masse solide, et que par conséquent il y en a une plus grande partie d'interceptée. Pour définir avec précision ce dernier effet,

que l'on se représente (fig. 1) un cylindre oblique qui aurait pour base un élément infiniment petit ω de la suface d'un corps échauffé, et que l'on prolonge ce cylindre dans la masse solide. Si, par un point ε très-voisin de la base ω, on trace un diaphragme σ perpendiculaire à l'axe du cylindre, cette section σ sera traversée selon la direction de l'axe par la chaleur que les molécules $m\, m'$ du cylindre placées au-dessous du point ε, et les plus voisines de ce point, envoient dans cette direction. Une partie de la chaleur que ces molécules projettent parallèlement à l'axe n'arrive pas jusqu'à la surface extérieure ω; elle est interceptée et éteinte par les molécules solides intermédiaires. Si l'on traçait entre ω et σ, à une certaine distance δ du premier diaphragme σ, un second diaphragme σ' perpendiculaire à l'axe, il est certain que la chaleur rayonnante qui traverse σ' selon la direction de l'axe du cylindre, serait en moindre quantité que celle qui traverse σ, c'est-à-dire que la chaleur A qui passe dans cette direction à travers σ, se trouve réduite à une moindre valeur pA, lorsqu'elle a parcouru dans le solide l'intervalle δ. Elle est diminuée de $\overline{1-p}.A$, et la fraction p dépend de δ suvant une certaine loi. On représentera donc ce rapport p par une fonction indéterminée de l'espace parcouru δ. Si l'on considère que toutes les molécules du solide, ayant par hypothèse la même température, envoient la même quantité de chaleur, et qu'elles la projettent également dans tous les sens, on pourra former l'expression de la quantité totale de chaleur qui sort du solide à travers un élément ω de la surface selon une direction déterminée : cette expression contiendra la fonction $f(\delta)$, qui, étant retran-

chée de l'unité, mesure la quantité de chaleur éteinte dans un intervalle quelconque δ. Il est très-facile d'établir ce calcul, et de comparer entr'elles les quantités de chaleur rayonnante qui s'échappent selon deux directions différentes, en traversant un même élément ω de la superficie. On reconnaît alors, ce qu'il était aisé de prévoir, que le rapport de ces quantités est indépendant de la fonction $f(\delta)$, qui détermine la loi de l'extinction. Quelle que puisse être cette loi, le rapport dont il s'agit est celui des sinus des angles que les axes des cylindres font avec l'élément. Au reste, cette même conséquence se présente d'elle-même, et la démonstration n'exigerait aucun calcul, comme on le voit dans l'article suivant.

IX.

En effet, désignant par ω un cercle infiniment petit placé à la surface du solide, on mène par le centre de ω une normale à cette surface, et l'on forme dans l'intérieur de la masse un cylindre droit dont cette normale est l'axe, et dont ω est la base. Du centre de ω on trace dans le solide (fig. 2) un surface hémisphérique qui a pour rayon ε, et l'on prolonge le cylindre droit jusqu'à ce qu'il rencontre la surface hémisphérique, où il intercepte une portion infiniment petite s. On construit aussi un cylindre oblique dont ω est la base, et dont l'axe, mené dans l'intérieur du solide, fait avec la base ω un angle φ. Ce cylindre est prolongé jusqu'à la rencontre de la surface hémisphérique, où il circonscrit une section σ. Enfin du centre de ω et d'un rayon $\varepsilon-\delta$ on trace une seconde surface hémisphérique qui coupe aussi les deux cylindres, et forme dans le premier une section s', et dans le second une section σ'. Un élément

du cylindre orthogonal est compris entre les sections s et s', dont la distance est δ, quantité infiniment petite par rapport à ε, et un élément du cylindre oblique est compris entre les sections σ et σ', dont la distance est la même que δ.

Chaque point intérieur m de la masse solide uniformément échauffée envoie dans toutes les directions une certaine quantité de chaleur A, dont une partie pA arrive directement jusqu'à une certance distance ε du point m. L'autre partie $\overline{1-p}.A$ est interceptée. La fraction p est d'autant plus petite que la longueur ε parcourue dans la masse solide est plus grande; et cette fraction est nulle si la distance parcourue égale ou surpasse Δ, quantité extrêmement petite.

Cela posé, il est facile de comparer, comme il suit, les quantités de chaleur que les deux élémens solides des cylindres envoient jusqu'à la superficie au-delà de ω. Désignant par a la chaleur émise, selon la direction normale, par l'élément cylindrique dont la base est s et la hauteur δ, et désignant par b la chaleur émise, selon la direction de l'axe oblique, par l'élément du second cylindre dont la base est σ, on voit que les quantités a et b sont proportionnelles aux volumes des élémens, et par conséquent aux bases s et σ, puisque ces élémens ont une hauteur commune δ : or il résulte de la construction que s est égale à σ sin. φ. En effet, soit 1 la longueur d'un cylindre droit qui aurait pour base s (fig. 3), que l'on divise ce solide en deux parties en traçant une section σ qui fasse avec l'axe un angle φ, et que l'on transpose ces deux parties, en sorte que les deux bases opposées s et s coïncident, et que les bases σ et σ soient

parallèles ; on aura formé un cylindre oblique dont la hauteur est sin. φ. Le volume du cylindre droit n'ayant point changé, il est évident que l'on a cette équation $s = \sigma$ sin. φ.

La partie de la chaleur désignée par a, qui, après avoir parcouru la distance ε, traverse ω, est pa; et la partie de la quantité de chaleur b, qui, après avoir parcouru la même distance ε, traverse ω sous l'inclinaison φ, est pb ou pa sin. φ. Donc les deux quantités de chaleur qui sortent des élémens solides que l'on compare, et qui parviennent jusqu'à la superficie au-delà de ω, sont entre elles dans le rapport de 1 à sin. φ.

La même conséquence a lieu si, traçant (fig. 2) une troisième surface hémisphérique d'un rayon $\varepsilon - 2\delta$, on compare les quantités de chaleur envoyées par deux autres élémens correspondans du cylindre orthogonal et du cylindre oblique. On peut diviser ainsi les volumes des deux cylindres en une multitude de parties dont chacune est infiniment petite par rapport au volume entier, et la conséquence précédente s'applique à tous les élémens intermédiaires que l'on compare. Donc les quantités totales de chaleur qui sortent de chaque cylindre et traversent le même élément ω sont entr'elles dans le rapport de 1 à sin. φ.

X.

Si la chaleur s'échappait librement à travers la superficie des corps, c'est-à-dire, s'il n'existait aucune force contraire à l'émission, le rayonnement aurait lieu suivant la loi que l'on vient d'enoncer. Il sortirait, à travers chaque particule ω de la surface en différentes directions, des quantités de chaleur exactement proportionnelles aux sinus des angles que ces directions font avec ω. Cela

résulte, comme on vient de le voir, des deux causes suivantes : 1°. chaque molécule de la masse échauffée envoie dans tous les sens une égale quantité de chaleur, et cette quantité est la même pour toutes les molécules, puisqu'elles ont par hypothèse la même température ; 2°. les molécules très-voisines de la superficie sont les seules qui puissent projeter directement une partie de leur chaleur au-delà de cette surface. La loi énoncée est une conséquence nécessaire de cette égale irradiation, et de l'extinction totale des rayons qui ont parcouru dans la masse une distance extrêmement petite Δ. Si cet intervalle Δ, qui détermine l'extinction complète, avait une grandeur finie, le résultat ne serait pas moins facile à connaître ; mais nous ne considérons point ici cette question.

On a prouvé aussi, dans les articles précédens (6) et (7), que cette même loi du rayonnement établit dans l'espace fermé l'équilibre des températures. Donc la réflexibilité étant supposée nulle, cet équilibre aurait nécessairement lieu en vertu des deux causes physiques dont on vient de parler.

Il faut remarquer maintenant que le mouvement de la chaleur dans l'intérieur des substances solides se détermine par les mêmes principes. Il suffit de supposer que chaque molécule est le centre d'une infinité de rayons dont chacun contient, dans tous les sens, la même quantité de chaleur, et qui sont totalement absorbés lorsqu'ils ont parcouru dans la masse opaque un intervalle imperceptible Δ. L'intensité, qui est la même pour tous les rayons sortis d'un seul point, varie d'un point à un autre et dépend de la température de chaque point.

D'après cela, on détermine la quantité de chaleur que reçoit et perd une particule solide d'une figure donnée, et l'on forme les équations différentielles qui expriment la propagation de la chaleur dans les corps solides. Ainsi la loi du rayonnement libre à la surface des corps, et celles de la distribution de la chaleur dans l'intérieur de ces corps dérivent toutes d'un fait extrêmement simple, savoir, l'irradiation uniforme de chaque molécule échauffée.

XI.

Nous avons fait abstraction, dans ce qui précède, d'une propriété physique qui se manifeste à la superficie des corps ; celle de réfléchir un partie de la chaleur rayonnante envoyée par les objets extérieurs. Tous les corps ne jouissent point au même degré de cette faculté de repousser les rayons incidens ; et ceux dont la réflexibilité est plus parfaite conservent plus long-temps leur propre chaleur. Toutes les observations concourent à montrer une relation nécessaire entre la propriété d'émettre la chaleur et celle de la réfléchir. L'une et l'autre dépendent de l'état de la superficie, et lorsqu'en changeant cet état on diminue ou l'on augmente la réflexibilité, on augmente ou l'on diminue le pouvoir d'émettre la chaleur intérieure. Nous ne rapporterons point ici des faits généralement connus, et qui sont exposés dans tous les Traités de Physique. Notre objet principal est de reconnaître la cause qui maintient la loi du rayonnement dans un vase fermé, nonobstant la réflexibilité plus ou moins parfaite des surfaces intérieures du vase ou des corps contenus.

Si une enceinte fermée, retenue à une température

invariable, contient divers corps qui aient reçu cette même température, ou qui l'aient acquise progressivement dans l'enceinte, l'équilibre a lieu, quelque soit l'état des diverses parties de la surface intérieure du vase ou des corps qu'il renferme. Nous admettons ce fait général comme donné par les observations. La question consiste à assigner très-distinctement les propriétés physiques qu'il suppose. Or nous venons de prouver que si l'émission s'opère librement, en sorte que tous les rayons qui parviennent de l'intérieur de la masse jusqu'à la superficie pénétrassent directement dans l'espace extérieur, la loi énoncée s'établirait d'elle-même. Il faut maintenant expliquer pourquoi cette loi subsiste encore, si la surface acquiert la faculté de réfléchir en partie la chaleur incidente, et par conséquent celle de contenir en partie la chaleur intérieure. On ne peut douter qu'après le changement d'état de la surface, les rayons de chaleur envoyés par un élément ω, selon différentes directions, ne contiennent encore des quantités de chaleur proportionnelles aux sinus des inclinaisons; car l'équilibre des températures qui résulte de cette loi continue d'avoir lieu. Mais il faut remarquer que si l'émission cesse d'être totale, la réflexibilité cesse d'être nulle. Alors on doit ajouter à la chaleur propre que les molécules projettent, la partie de la chaleur incidente que les surfaces réfléchissent; et l'on aperçoit d'abord que c'est cette compensation qui maintient la loi du rayonnement nécessaire à l'équilibre des températures. Il s'agissait de démontrer l'exactitude mathématique de la compensation, en déterminant avec précision les conditions physiques dont elle dépend.

Nous avons donné cette démonstration dans l'article 99 de notre Mémoire de 1811. (*Nouv. Mém. Acad. roy. des Scienc.*, tom. v.) Elle est très-simple et exempte de toute incertitude ; on peut la présenter comme il suit.

XII.

Si l'on considère, en premier lieu, le cas de l'émission libre où la chaleur intérieure sortirait sans obstacle, et la chaleur incidente serait entièrement absorbée, on a vu, article (8), que la loi du rayonnement qui détermine l'équilibre des températures s'établirait d'elle-même : elle subsisterait dans toutes les parties de l'espace que l'enceinte termine. Si maintenant on suppose que l'état des surfaces de l'enceinte ou des corps contenus subit un changement quelconque, qui leur donne, à un certain degré, le pouvoir de réfléchir une partie de la chaleur incidente, nous disons que la distribution de la chaleur rayonnante demeure la même qu'auparavant, et que si ce changement de l'état d'une partie quelconque des surfaces est suivi d'un ou de plusieurs autres, la loi du rayonnement continuera de subsister sans aucune altération, en sorte que la quantité de chaleur envoyée par ω dans une certaine direction sera toujours la même que si la réflexibilité était nulle.

En effet, désignons par r la quantité de chaleur qui serait envoyée par le disque infiniment petit ω selon une direction déterminée, si l'émission était complète, comme on l'a supposé d'abord, et soit φ l'angle que cette direction fait avec la surface ω (fig. 4). Par le point m, centre de ω, on élève une normale mn à la surface, et l'on trace une droite mo dans la direction

du rayon que l'on considère; on fait passer un plan par les droites mn et mo, et dans ce plan on mène, de l'autre côté de la normale, une droite $m\,1$ qui fait avec ω un angle égal à φ.

Lorsque l'émission était complète, l'élément ω envoyait dans la direction mo un rayon r, et il envoyait aussi, sous la même inclinaison φ, mais dans la direction alterne $m\,1$, un rayon égal à r. En même temps cet élément ω recevait un rayon égal à r dans la direction om, et un autre rayon r dans la direction $1\,m$ (art. 6). Chacun de ces rayons incidens pénétrait librement la surface, et était totalement absorbé parce que la réflexibilité était nulle. Supposons qu'au commencement d'un instant déterminé A, il s'opère dans l'état de la surface ω un changement quelconque, en sorte que le rayon émis selon la direction mo soit diminué et devienne égal à $\alpha . r$, produit de r par une fraction α. La même cause agira sur le rayon r que la surface recevait au même instant dans la direction alterne $1\,m$, et qu'elle absorbait entièrement. Une partie seulement de ce rayon incident sera absorbée par ω, et l'autre partie sera réfléchie. Admettons que la partie absorbée soit αr, la fraction α étant la même que la précédente; la partie du rayon qui est réfléchie par ω sera $\overline{1-\alpha}.r$; elle s'ajoutera au rayon αr que ω émet dans la même direction mo, et par conséquent la quantité totale de chaleur que l'élément envoie dans la direction mo sera $\alpha r + \overline{1-\alpha}.r$, ou r, égale à celle qui était envoyée lorsqu'on supposait l'émission complète.

Il n'y a aucune partie infiniment petite ω de la surface de l'enceinte ou des corps contenus à laquelle on ne

puisse appliquer la même conséquence. Si donc une ou plusieurs parties de ces surfaces subissent un changement quelconque, au commencement du même instant A, il est évident que les quantités de chaleur envoyées dans toutes les directions demeurent les mêmes qu'auparavant.

Si un nouveau changement succède au premier, on prouvera de la même manière que les quantités de chaleur envoyées ou reçues dans une direction quelconque ne sont point changées, en sorte qu'il est entièrement impossible de causer quelque altération dans la loi du rayonnement en faisant varier l'état des surfaces. Cette conséquence est fondée sur le principe que nous avons admis, savoir : que si le rayon émis r, qui traverserait la surface dans le cas de la réflexibilité nulle, est réduit à αr par un changement de la superficie, la partie du rayon extérieur incident r qui sera absorbée après ce changement est aussi αr. Mais la conséquence dont il s'agit n'aurait pas lieu si le pouvoir d'émettre la chaleur, dans une certaine direction, n'était pas toujours égal au pouvoir d'absorber la chaleur incidente qui arrive dans cette même direction. La distribution de la chaleur rayonnante dans l'espace fermé varierait avec l'état des surfaces : or cette distribution est toujours la même, puisque l'équilibre des températures subsiste, quelle que soit la nature des surfaces. Donc, le fait général de l'équilibre des températures dans un vase fermé prouve que sous la même inclinaison les deux effets de l'émission et de l'absorption sont précisément égaux.

Il résulte nécessairement de cette égalité que la quan-

tité totale de chaleur projetée ou réfléchie par un élément quelconque ω de l'une des surfaces, dans chaque direction, par exemple, selon la ligne *mo*, est, après le changement de la surface, la même qu'auparavant. Elle est toujours égale à la quantité qui serait projetée par ω dans cette direction, si le pouvoir émissif de ω était total. On peut aussi reconnaître la vérité de cette dernière proposition en calculant l'effet des réflexions successives et indéfiniment répétées que les rayons subissent dans l'intérieur de l'enceinte; la démonstration précédente, que l'on trouve dans nos premiers Mémoires, dispense entièrement de ce calcul.

On voit maintenant quelle est la cause physique qui maintient l'équilibre de la chaleur rayonnante, nonobstant les changemens d'état des surfaces. Elle consiste dans cette relation nécessaire entre la faculté d'émettre la chaleur intérieure et celle de repousser la chaleur incidente. Ainsi l'examen mathématique des conditions de l'équilibre de la chaleur rayonnante ne fait pas seulement connaître les lois de cet équilibre; il nous en montre la cause dans l'irradiation uniforme des molécules échauffées, dans l'extinction que subit la chaleur en traversant les milieux opaques, et dans l'existence d'une force qui s'oppose également à l'émission des rayons intérieurs et à l'introduction des rayons incidens.

XIII.

Il se présente, au sujet de la proposition démontrée dans l'article précédent, une remarque très-importante sans laquelle on pourrait se former une idée inexacte de notre théorie. Une partie de la chaleur intérieure que le corps tend à projeter est retenue, comme nous

l'avons dit, par une force qui réside à la surface, et cette même cause, ou une force équivalente, détermine la réflexion d'une partie de la chaleur envoyée par les corps environnans. Désignant par r la quantité de chaleur que l'élément ω projetterait sous l'angle φ; si la surface était privée de tout pouvoir de réfléchir la chaleur, la quantité émise est seulement αr lorsque ce pouvoir existe, et la fraction α est la mesure du pouvoir d'émission. Désignant aussi par r la chaleur que reçoit ω sous la même inclinaison φ, la partie de cette chaleur incidente qui s'introduit dans la masse est seulement αr; la seconde fraction α est égale à la précédente : mais il ne s'ensuit pas que la valeur de cette fraction soit la même pour tous les angles d'incidence. Si l'on suppose qu'un rayon extérieur différent du premier tombe sur le même élément ω, en faisant avec la surface un autre angle φ', et que cette chaleur incidente soit r', il ne pénétrera dans la masse qu'une partie $\alpha' r'$. Or nous ne supposons point que la fraction α' soit nécessairement égale à la précédente α; des observations précises, faites à des températures très-différentes sous des incidences obliques, pourraient seules nous apprendre si la fraction $1-\alpha$ qui mesure la réflexibilité varie avec l'angle d'incidence et avec la température. Quoi qu'il en soit et de quelque manière que cette question expérimentale soit résolue, on doit conclure que, pour une température déterminée c et pour une même inclinaison φ, la quantité de chaleur propre émise est αr, si la partie de la chaleur incidente r qui pénètre la masse est αr. A la vérité, quelques expériences indiquent que si les changemens de température sont peu considérables, la

force de cohibition et par conséquent de réflexion demeure sensiblement la même ; et cela arrive aussi lorsque les inclinaisons diffèrent peu entre elles et ne sont pas très-petites. Mais ces observations sont trop incertaines et trop bornées pour servir de fondement à une conséquence mathématique.

XIV.

Nous allons considérer maintenant l'effet des réflexions multiples qui s'opèrent dans l'intérieur d'un vase fermé dont toutes les parties conservent une température commune. Ce point de la question a été déjà traité dans un Mémoire que M. Poisson a publié récemment (*Ann. de Chim. et de Phys.*, année 1824, juillet, page 225). Mais il est utile d'examiner le même objet sous différens points de vue ; la discussion des opinions contraires a l'avantage de fixer l'attention et d'exciter de nouvelles recherches.

Nous supposons, comme précédemment, que, dans l'intérieur d'un vase fermé et vide d'air, dont la température est constante, se trouvent un ou plusieurs corps qui ont présentement la température commune. Nous supposons aussi que les diverses parties de la surface intérieure de l'enceinte, ou de la surface des corps contenus, jouissent inégalement de la propriété de réfléchir la chaleur. Il s'agit de calculer la quantité totale de chaleur qu'un élément ω_1 d'une des surfaces envoie dans une direction donnée, soit par voie d'émission directe, soit par voie de réflexion.

Par un point m_1 (fig. 5) centre du disque infiniment petit ω_1, on mène au point o une droite $\overline{m_1 o}$

qui fait avec ω_1 l'angle φ_1. On trace un plan qui passe par la droite $\overline{m_1 o}$ et par la normale $\overline{m_1 n_1}$ élevée sur ω_1 au point m_1. Dans ce plan, et de l'autre côté de la normale, il faut mener par le point m_1 une seconde droite $\overline{m_1 1}$ qui fasse avec ω_1 un angle égal à φ_1. Cette droite prolongée rencontre l'une des surfaces en un point m_2, et fait en ce point avec la surface l'angle φ_2. On élève au point m_2 une seconde normale $\overline{m_2 n_2}$ à la surface de l'enceinte ou des corps contenus, et l'on fait passer un second plan par cette normale $\overline{m_2 n_2}$ et par la seconde droite $\overline{m_2 1}$. Il faut ensuite tracer dans ce second plan, et de l'autre côté de la normale $m_2 n_2$, une troisième droite $\overline{m_2 2}$ qui fasse en ce point m_2 avec la surface un angle égal à φ_2, et cette droite prolongée rencontre l'une des surfaces en un point m_3.

On continue ainsi indéfiniment d'élever des normales aux points où les droites prolongées rencontrent l'enceinte. On fait passer un plan par une de ces droites et par la normale correspondante; et dans ce plan on trace, de l'autre côté de la normale, une nouvelle droite qui, formant l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence, détermine sur l'enceinte ou sur les corps contenus un nouveau point de rencontre. Cette construction représente la route d'un rayon qui, partant de o dans la direction $\overline{o m_1}$, est réfléchi successivement par les surfaces intérieures aux points $m_1\ m_2\ m_3\ m_{j-1}\ m_j$; et réciproquement l'un de ces points, tels que m_4, envoie, dans la direction $\overline{m_4 3}$, un rayon qui est réfléchi successivement par les surfaces aux points $m_3\ m_2\ m_1$, et parvient en o suivant la direction $\overline{m_1 o}$. Il en est de même

de tous les points $m_2\, m_3\, m_j$, qui entrent dans la série que l'on a formée ; au reste, il est évident que les lignes qui joignent ces points $m\, m_1\, m_2$ ne sont pas en général dans un seul plan ; on les a toutes ramenées au plan de la figure 5.

Si l'on applique la même construction à chaque point tel que m_1 du premier élément ω_1, on formera un système de rayons qui partent tous du point o, et qui, étant réfléchis par $\omega_1\, \omega_2\, \omega_3$ etc. sur la surface de l'enceinte ou des corps, intercepte sur cette surface un second élément ω_2. Le système des rayons réfléchis par ω_2 interceptera sur les surfaces un troisième élément ω_3, ainsi de suite indéfiniment. Quant au premier élément ω_1, il est supposé infiniment petit, c'est-à-dire que ses dimensions décroissent de plus en plus, et deviennent moindres que toute grandeur donnée.

Désignons par r la quantité de chaleur que l'élément ω_1 enverrait directement au point o, si à la surface de cet élément ω_1 la réflexibilité était nulle, ou, ce qui est la même chose, si le pouvoir d'émission était total. Supposons que toutes les surfaces de l'enceinte et des corps contenus, jouissent de cette même propriété d'émission complète, et que l'équilibre des températures soit formé, la chaleur que le point m_1 envoie sous l'inclinaison φ_1 au point o est égale à celle que le point m_1 envoie sous la même inclinaison φ_1 au point m_2, et par conséquent elle est aussi égale à la chaleur que m_2 envoie à m_1 dans la direction contraire $\overline{m_2 m_1}$ (art. 6 et 7). Ainsi chaque rayon qui part de ω_1 et se dirige vers le point o, correspond à un rayon équivalent que ω_2 envoie à ω_1, et dont la direction est telle que s'il était

réfléchi par ω_1, il parviendrait au point o. Donc la somme de ces derniers rayons est r.

Si le pouvoir émissif de ω_1 n'est pas complet, cet élément ne projettera plus vers le point o le rayon total r, mais seulement $\alpha_1 r$, en exprimant par la fraction α_1 le pouvoir émissif de ω_1 sous l'inclinaison φ_1 ; et si l'émission à la surface ω_2 n'est pas complète, la somme des rayons que ω_2 envoie à ω_1, et qui parviendraient au point o s'ils étaient réfléchis par ω_1, n'est plus égale à r, mis seulement à $\alpha_2 r$, la fraction α_2 mesurant le pouvoir émissif de ω_2 sous l'inclinaison φ_2.

On prouve de la même manière qu'en désignant par.......................... $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \ldots\ \alpha_j$,
le pouvoir d'émission à la surface des
élémens.......................... $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3\ \ldots\ \omega_j$,
sous les inclinaisons.................. $\varphi_1\ \varphi_2\ \varphi_3\ \ldots\ \varphi_j$,
la quantité $\alpha_j r$ exprime la chaleur totale qui sort de l'élément ω_j, et tombe sur l'élément précédent suivant de telles directions que, par l'effet des réflexions successives, elle pourrait arriver au point o.

XV.

On calculera maintenant la quantité totale de chaleur ou directe ou réfléchie que l'élément ω_1 envoie au point o, et l'on examinera si cette chaleur équivaut à r; car le calcul donnant ce résultat, la loi du rayonnement serait observée. Une première partie de cette quantité totale de chaleur envoyée par ω_1, au point o, est celle qui sort à travers cet élément de l'intérieur même de la masse : elle est $\alpha_1 r$. En la comparant à r, on voit qu'elle en diffère d'une quantité égale à $\overline{1-\alpha_1}\,.\,r$.

Or l'élément ω_2 projète sur ω_1 un rayon de chaleur propre exprimée par $\alpha_2 . r$, et qui, étant réfléchi par ω_1, se réduit à $\alpha_2 . \overline{1-\alpha_1} . r$.

Ainsi les rayons sortis de ω_1 et ω_2, et qui tombent sur le point o, apportent une quantité de chaleur exprimée par $\alpha_1 r + \alpha_2 . \overline{1-\alpha_1} . r$. Cette somme n'est point égale à r; mais la différence qui était $\overline{1-\alpha_1}\, r$, lorsqu'on ne tenait compte que du rayon sorti de ω_1, est diminuée de la quantité $\alpha_2 . \overline{1-\alpha_1} . r$ envoyée par ω_2. Elle devient $\overline{1-\alpha_1}\, r - \alpha_2\, \overline{1-\alpha_1}\, r$ ou $\overline{1-\alpha_1}\;\overline{1-\alpha_2}\, r$, puisque le facteur $\overline{1-\alpha_1} . r$ est commun aux deux termes que l'on compare. De plus, l'élément ω_3 envoie à ω_2 un rayon $\alpha_3\, r$ qui, étant réfléchi par ω_2 et ensuite par ω_1, se réduit à $\alpha_3 . \overline{1-\alpha_1} . \overline{1-\alpha_2} . r$. Donc, en tenant compte de ce troisième rayon sorti de ω_3, et comparant toujours la somme des chaleurs reçues par le point o à la quantité r, on voit que la différence, qui était $\overline{1-\alpha_1}\;\overline{1-\alpha_2} . r$, devient encore moindre. Elle est $\overline{1-\alpha_1}\;\overline{1-\alpha_2} . \overline{1-\alpha_3}\, r$. En général, la somme des quantités de chaleur qui sortent d'un nombre quelconque d'élémens $\omega_1\, \omega_2\, \omega_j$, et qui, par l'effet des réflexions multipliées, sont envoyées par ω_1 au point o, diffère de la valeur totale r d'une quantité égale à $\overline{1-\alpha_1}\;\overline{1-\alpha_2} \ldots \overline{1-\alpha_j} . r$, c'est-à-dire, au produit de cette valeur totale r par toutes les fractions qui mesurent, sous les inclinaisons respectives $\varphi_1\, \varphi_2\, \varphi_j$, le pouvoir réflecteur des surfaces dont la chaleur est sortie. Cette seule proposition suffit pour expliquer tous les effets des réflexions successives.

On voit que le calcul de ces effets consiste uniquement dans l'application des règles communes de la catoptrique, et d'un principe démontré dans nos Mémoires précédens, savoir, l'égalité précise des pouvoirs d'émission et d'absorption selon une direction déterminée.

Si l'un des nombres $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_j$ est égal à l'unité, c'est-à-dire, si l'une des surfaces a un pouvoir réflecteur nul, il est évident que le rayon reçu par le point *o* est complet, puisque la différence de ce rayon à la valeur totale *r* est nulle. Dans ce cas, le nombre des réflexions est limité. Mais si aucune des surfaces n'a un pouvoir réflecteur nul, le produit $(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)(1-\alpha_3)\ldots$ se formera d'un nombre infini de facteurs qui mesurent la réflexibilité des surfaces $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3$ etc. sous les inclinaisons $\varphi_1\ \varphi_2\ \varphi_3$ etc. On sera assuré que ce produit est nul s'il y a une infinité de ces facteurs $\overline{1-\alpha_1}\ \overline{1-\alpha_2}\ldots$ etc., dont chacun soit plus petit qu'une quantité déterminée Δ moindre que l'unité ; car ce produit serait moindre qu'une puissance entière Δ^i de la fraction Δ, quelque grand que fût l'exposant *i*. On pourrait donc prouver que le produit est moindre que toute grandeur proposée : ce qui ne peut être prouvé qu'à l'égard d'une quantité nulle. Admettons maintenant, comme une conséquence sensible de la nature de tous les corps, que la réflexibilité ne puisse devenir totale sous quelque inclinaison que ce soit, en sorte que le plus grand des facteurs $\overline{1-\alpha_1}\ \overline{1-\alpha_2}\ \overline{1-\alpha_3}$ etc. soit, dans tous les cas, un nombre déterminé δ moindre que l'unité; on en conclura avec certitude que le produit de tous ces facteurs est nul. Donc la somme des rayons directs ou réfléchis,

envoyés au point o par ω_1, sera égale à la valeur totale que nous avons désignée par r.

Cette conséquence est rigoureuse, lorsqu'on admet que la réflexibilité ne peut jamais être totale. Mais si l'on concevait un tel état des surfaces que, pour de certaines incidences, la réflexion fût complète, le produit des facteurs $\overline{1-\alpha_1}\ \overline{1-\alpha_2}\ \overline{1-\alpha_3}$ etc. pourrait n'être point nul. Alors la somme des quantités de chaleur émises par $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3$ etc. à l'infini, et qui tombent sur le point o, ne serait pas égale à r. Mais il ne s'ensuit pas, comme on le verra bientôt, que la loi du rayonnement total ne soit pas conservée. Il en résulte seulement une exception singulière et purement mathématique, analogue à celle que présente l'équilibre non stable dans les théories dynamiques. Avant d'examiner cette question, nous ajouterons une remarque très-propre à rendre sensible l'effet des réflexions successives.

XVI.

On suppose que le point o envoie à ω_1 la quantité de chaleur que nous avons désignée par r, et que ce rayon total soit successivement réfléchi par les élémens $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3\ldots\omega_j$. Après ces réflexions dont le nombre est déterminé et égal à j, la valeur du rayon sera réduite à

$$(1-\alpha_1)\,(1-\alpha_2)\,(1-\alpha_3)\ldots(1-\alpha_j).$$

En comparant cette expression à celle de l'article précédent, on voit que la somme des rayons qui sortent de $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3\,\omega_j$, et qui, par l'effet des réflexions successives, tombent sur le point o, diffère de la valeur to-

tale r d'une quantité précisément égale à celle d'un rayon équivalent r qui, parti du point o, aurait subi des réflexions successives sur ces mêmes surfaces $\omega_1\ \omega_2 \ldots \omega j$. Cette proposition est vraie, quelque soit le nombre des réflexions ; elle nous montre que la quantité de chaleur reçue par le point o approche de plus en plus du rayon total r, à mesure qu'elle se forme d'un plus grand nombre de parties qui sortent de $\omega_1\ \omega_2 \ldots \omega j$. Si l'on ne considère ici que des résultats physiques et mesurables, on ne peut douter que ce rayon de chaleur, qui, partant du point o, subirait des réflexions continuelles sur les surfaces $\omega_1\ \omega_2 \ldots \omega j$, ne finît par devenir totalement insensible. Or ce rayon, qui s'éteint par degrés, est à chaque fois le complément exact de la quantité de chaleur qui, suivant une route contraire, se réunit en ω_1 et arrive au point o. Donc la somme des rayons que ω_1 envoie à ce point o est égale à la valeur complète que l'on a désignée par r.

Enoncer cette dernière proposition, c'est dire, en des termes différens, qu'un rayon qui subit des réflexions indéfinies s'éteint par degrés et totalement. On pourrait même reconnaître immédiatement et sans aucun calcul l'identité de ces deux propositions. Ce serait la manière la plus simple de démontrer l'effet des réflexions successives ; mais nous avons préféré de l'exprimer par le calcul.

XVII.

Il ne nous reste plus qu'à considérer ce qui aurait lieu, si l'on pouvait tellement changer l'état de quelques parties des surfaces, que pour de certaines incidences la

réflexibilité fût totale. L'examen de cette question fournit une conséquence remarquable.

Si toutes les surfaces de l'enceinte et des corps contenus étaient douées d'un pouvoir d'émission complet, la chaleur émise par les molécules solides placées à une très petite profondeur, comme on l'a prouvé (art. 8), serait assujettie à la loi du rayonnement énoncée dans les art. (6 et 7), l'équilibre des températures se formerait de lui-même. Lorsqu'il est établi, un élément ω_1 envoie dans une direction déterminée, par exemple, sous l'inclinaison φ_1, une quantité de chaleur égale à r. Si présentement on opère un changement quelconque dans l'état des surfaces $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3$ etc., il est certain (art. 12) que la quantité de chaleur envoyée au point o par ω_1 demeurera toujours égale à r; mais elle ne consiste pas seulement, comme cela avait lieu d'abord, dans la chaleur qui sort de ω_1. Elle se forme de diverses parties. La première est celle qui est projetée par ω_1, et qui est devenue moindre que r. Une seconde partie résulte de toutes les quantités de chaleur qui sortent de $\omega_2\,\omega_3\,\omega_4$ etc. à l'infini, et qui arrivent par des réflexions successives sur ω_1, d'où elles parviennent au point o. On a désigné par $\alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3$ etc. les fractions qui expriment, sous les inclinaisons respectives, le pouvoir d'émission des surfaces $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3$ etc. Or si l'on veut considérer comme entièrement arbitraires les valeurs de ces fractions, il arrive, dans un nombre de cas infini, que la somme des quantités de chaleur sorties de $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3$ etc., et qui parviennent au point o, n'est pas équivalente à r. Il est facile d'assigner des valeurs de $\alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3$ etc. pour lesquelles cela n'aurait point lieu. Cependant on a dé-

montré (art. 12) qu'un changement quelconque de l'état des surfaces ne peut diminuer la quantité totale de chaleur envoyée au point o par ω_1; et cette démonstration s'applique à toutes les valeurs que l'on attribuerait aux fractions $\alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3$ etc. On demande comment il se peut faire que la chaleur totale reçue par le point o soit encore égale à r, quoique la somme des quantités sorties de $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3$ etc. et reçue par ce point o soit moindre que r. Pour résoudre clairement cette question, il faut remarquer que, dans le cas dont il s'agit, la chaleur totale reçue par le point o comprendrait une troisième partie, savoir, la chaleur contenue qui reste dans l'enceinte où elle subit des réflexions continuelles. Cette chaleur s'ajoute à celle qui est projetée par les élémens $\omega_1\,\omega_2\,\omega_3$ etc.; elle complète la quantité reçue par le point o, et la rend équivalente à r. En effet, en admettant comme possible un changement d'état des surfaces qui leur donnerait sous de certaines incidences une réflexibilité totale, on admet, par cela même, que la chaleur qui était répandue dans l'enceinte continue de circuler entre les élémens que l'on considère, parce qu'elle subit la réflexibilité totale sous ces mêmes incidences.

Il serait inutile de développer davantage cette remarque; on en pourrait rendre la vérité plus sensible, en attribuant à l'enceinte une forme déterminée, comme celle de la sphère ou de l'ellipsoïde. Si donc les fractions $\alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3$ etc. satisfont aux conditions qui rendent nécessairement nul le produit indéfini $(1-\alpha_1)\,(1-\alpha_2)\,(1-\alpha_3)$ etc., la somme des quantités de chaleur envoyée par ω_1 au point o est égale à r, comme elle l'était avant le chan-

gement d'état de la surface. Mais s'il était physiquement possible que les valeurs des fractions $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$ etc. ne rendissent pas ce produit nul, il arriverait encore que la somme des chaleurs reçues serait égale à *r*. Il n'est pas mathématiquement nécessaire que le produit de tous les facteurs soit nul pour que la loi du rayonnement soit conservée après le changement d'état de la surface.

Si l'on fait abstraction de cette chaleur contenue, on se formera l'idée d'un cas purement rationnel où, les surfaces étant douées de la réflexibilité totale sous de certaines incidences, un point déterminé de l'intérieur de l'enceinte ne recevrait pas des quantités égales de chaleur dans toutes les directions; ce cas n'est pas mathématiquement impossible, mais il ne peut subsister physiquement.

En supposant même que la réflexibilité devînt nulle sous de certaines incidences, la chaleur contenue rétablirait l'uniformité de la distribution, et la quantité de cette chaleur contenue, qui rend la densité homogène, ne pourrait être augmentée ou diminuée parce qu'il n'y a qu'un seul équilibre possible. Quoi qu'il en soit et indépendamment de toute considération sur la réflexibilité constante ou variable, ou sur l'effet des réflexions infiniment répétées, il est rigoureusement prouvé qu'un changement quelconque de l'état des surfaces ne peut jamais altérer l'équilibre ni la quantité totale de chaleur envoyée par chaque élément. Ce dernier théorème ainsi énoncé est fondé sur une démonstration simple, exempte de toute obscurité, et qui ne suppose point le calcul des réflexions multiples. On connaît maintenant pourquoi il était préférable de choisir la forme de démonstration

rapportée dans l'art. 99 de notre premier ouvrage et dans l'art. 12 du présent Mémoire.

XVIII.

Si l'on compare la construction et les propositions qui sont l'objet des articles précédens 14, 15, 16 et 17, avec celles que l'on trouve dans le Mémoire cité (art. 14), on reconnaîtra que, sur divers points essentiels, nous n'admettons point l'opinion du savant auteur de ce Mémoire.

Nous remarquerons principalement qu'on ne peut point conclure de la théorie mathématique de la chaleur la proposition exprimée dans cet écrit, page 230 : que si une surface acquiert la propriété de réfléchir en partie la chaleur incidente, *la chaleur émise sera diminuée suivant un même rapport de* n *à* 1 *dans toutes les directions, et qu'il en sera de même à l'égard de la chaleur absorbée, en sorte que la totalité de cette chaleur se trouvera réduite à la fraction* n *de celle qui tombe sur l'élément.* Nous disons au contraire que, pour maintenir l'équilibre de la chaleur rayonnante, quelque soit le nouvel état des surfaces, il suffit que le pouvoir d'émettre la chaleur suivant une certaine direction étant désigné par la fraction n, le pouvoir d'absorber la chaleur suivant la même direction soit aussi exprimé par n.

On peut montrer, par le calcul des réflexions successives et conformément aux principes énoncés dans l'article 15, que la somme des quantités de chaleur ou directe ou réfléchie, envoyées par un élément dans une direction quelconque, équivaut à celle qui serait projetée par cet élément si le pouvoir d'émission était total.

Mais si, pour déduire cette conséquence, il fallait supposer que le pouvoir d'émettre ou d'absorber la chaleur ne varie pas avec l'inclinaison, la proposition ne serait pas prouvée. Lorsqu'on examine attentivement les diverses démonstrations que l'on peut donner de cette proposition, et même celle qui est rapportée dans le Mémoire cité, on voit qu'elle exige seulement que les deux effets d'émission et d'absorption soient égaux pour une même direction. C'est la seule conséquence exacte que l'on puisse déduire de la considération de l'équilibre qui s'établit dans un vase fermé. Nous n'examinons point ici la question de savoir si le pouvoir d'émission exprimé par la fraction *n* demeure le même sous toutes les incidences. Nous disons que cette proposition n'est point démontrée et que par conséquent on ne doit pas l'admettre dans le calcul des réflexions successives qui en est réellement indépendant. Il importe beaucoup de réduire au moindre nombre possible les principes mathématiques d'une théorie.

On avait objecté contre la démonstration proposée dans ce Mémoire, page 234, que si l'on prend une certaine partie d'une unité, qu'on y ajoute une certaine partie du reste, puis une certaine partie du second reste, ainsi de suite, il ne s'ensuit pas, comme on le supposait, que ces restes successifs deviennent nécessairement plus petits que toute grandeur donnée. L'auteur, en reconnaissant, dans un article supplémentaire, la vérité de cette remarque (*Ann. de Chim. et de Phys.*, août 1824 page 442), ajoute que, pour la question physique dont il s'agit, les fractions qui mesurent le pouvoir émissif des surfaces ne peuvent pas décroître indéfiniment. Mais

cette dernière proposition ainsi énoncée n'est point évidente, parce que l'on ignore suivant quelle loi le pouvoir émissif pourrait décroître avec l'inclinaison.

Dans ce même article supplémentaire, l'auteur remarque que le fait général de l'équilibre suppose une relation nécessaire entre les lois de l'absorption et de l'émission, et que *cette relation subsisterait peut-être pour une infinité de lois différentes.* Nous disons, à ce sujet, que la relation dont il s'agit est celle que nous avons démontrée dans notre premier Mémoire (art. 99); qu'elle subsiste certainement puisque l'équilibre est conservé, et qu'elle le maintient quelle que puisse être la loi de l'émission sous les diverses incidences. Ainsi, dans ce premier Mémoire, nous ne nous sommes point bornés à remarquer que si *les parois d'une enceinte ont par-tout la même température et la même faculté rayonnante, la quantité de chaleur qu'elles envoient directement à chaque point de l'espace est par-tout la même, et indépendante de la forme et de l'étendue de l'enceinte.* Nous avons établi, dans cet ouvrage, tous les autres principes de la théorie, et considéré très-expressément le cas où les différentes parties de l'enceinte posséderaient inégalement et à des degrés quelconques la faculté d'émettre la chaleur rayonnante. Nous avons démontré, dans ce cas, art. 99 de la section XIII, que l'équilibre subsiste nonobstant tout changement arbitraire de l'état des surfaces, et que la chaleur totale envoyée ou reçue par chaque élément, sous une inclinaison quelconque, est encore, après ce changement, la même *que si la surface était entièrement privée de la propriété de réfléchir les rayons.* Quant au calcul des réflexions infi-

niment multipliées, non-seulement il n'était point nécessaire d'y recourir pour démontrer cette proposition ; mais il est préférable de rendre la démonstration indépendante de ce calcul ; elle est plus claire et plus rigoureuse.

Nous devons aussi faire observer que la construction géométrique rapportée dans le Mémoire, pages 231 et 232, est entièrement inadmissible, parce qu'elle ne représente point la quantité de chaleur qu'un point donné reçoit d'un élément de l'enceinte.

Suivant cette construction, les points O' O'' O''' etc. sont les sommets de surfaces coniques dont les arêtes prolongées dans l'intérieur de l'enceinte interceptent les élémens α' α'' α''' etc. Nous disons que ces élémens α' α'' α''' etc., que les surfaces coniques circonscrivent, ne sont point, comme on le suppose, les parties de l'enceinte dont la chaleur réfléchie par α α' α'' etc. peut arriver au point O, ou, ce qui est la même chose, elles ne sont point celles qui reçoivent par des réflexions successives la chaleur que le point O envoie à l'élément α. Les parties infiniment petites qui envoient la chaleur réfléchie reçue par le point O, ou qui reçoivent par réflexion la chaleur émanée du point O, sont exactement déterminées par la construction énoncée (art. 14). Nous les avons désignées par ω_2 ω_3 ω_4 etc. Or elles ne se confondent point avec les bases α' α'' α''' etc. des surfaces coniques. Cette coïncidence n'aurait lieu que dans un cas très-particulier. Les dernières raisons des élémens ω_1 ω_2 ω_3 etc. sont en général très-différentes des dernières raisons des quantités α α' α'' etc., c'est-à-dire que les nombres finis 1 m m' m'' etc., proportionnels aux

dernières valeurs des élémens $\omega_1\ \omega_2\ \omega_3$ etc., ne sont point les mêmes que les nombres $1\ n\ n'\ n''$ etc. proportionnels aux valeurs finales des élémens $\alpha\ \alpha'\ \alpha''$ etc.; par exemple, si les nombres de la première série sont égaux, les nombres de la seconde série croissent rapidement. Il n'y a aucun doute qu'une portion infiniment petite d'une surface courbe ne puisse être regardée comme plane; mais il ne s'ensuit pas que, dans l'application aux effets catoptriques, on puisse supposer que les directions des rayons sortis d'un même point, et réfléchis successivement par divers élémens de la surface, concourent aux sommets des surfaces coniques. Cette remarque a été faite, dès l'origine de l'analyse différentielle, par les géomètres qui ont traité des surfaces caustiques.

XIX.

Les propositions que l'on a démontrées dans ce Mémoire forment la théorie mathématique de la chaleur rayonnante; elles dérivent toutes d'une considération principale, celle de l'équilibre qui s'établit dans l'intérieur d'une enceinte fermée, retenue à une température constante. Cette notion a été présentée pour la première fois, et soumise au calcul, dans un supplément à notre Mémoire de 1807, sur la propagation de la chaleur, et ensuite dans la seconde partie du Mémoire de 1811, section XIII. MM. Lambert, Pictet, Prevot, Leslie et de Rumford avaient publié auparavant de très-belles recherches sur les propriétés de la chaleur rayonnante. On trouve aussi, dans divers autres ouvrages plus récens, des résultats relatifs aux propriétés physiques de la chaleur. Nous citerons à ce sujet les observations de MM. Bérard et de La Roche, et les recherches expéri-

mentales et théoriques que MM. les professeurs Petit et Dulong ont publiées dans un Mémoire très-important couronné par l'Institut de France.

Plusieurs physiciens avaient conclu des observations que les quantités de chaleur envoyées par une partie infiniment petite d'une surface, dans différentes directions, sont entre elles comme les sinus des angles que font ces directions avec l'élément de la surface. La théorie mathématique confirme et explique très-distinctement ce résultat. Elle montre qu'il est une conséquence nécessaire du fait général de l'équilibre des températures dans une enceinte fermée de toutes parts. L'application des sciences mathématiques aux questions naturelles a surtout pour objet de découvrir les lois très-générales, et par conséquent très-simples, auxquelles les phénomènes sont assujettis; ces lois sont empreintes dans l'ensemble des observations. Les lois de la propagation de la chaleur dans la matière solide sont exprimées par des équations différentielles; celles de l'équilibre de la chaleur rayonnante dérivent de mêmes principes et sont encore plus manifestes. Dans l'une et l'autre question, nous ne considérons point les propriétés de la chaleur lumineuse.

Non-seulement on déduit du seul fait de l'équilibre des températures l'expression mathématique de la loi du rayonnement; mais on reconnaît les trois causes physiques qui déterminent cette loi. La première est la propriété qu'a chaque molécule intérieure d'un solide d'envoyer dans tous les sens des rayons de chaleur d'une égale intensité. La seconde est l'extinction graduelle que ces rayons subissent dans l'intérieur de la masse, et qui est opérée totalement lorsque l'intervalle parcouru a une

certaine valeur extrêmement petite. La troisième cause est l'égalité qui subsiste toujours, à la surface, entre le pouvoir d'émettre la chaleur intérieure, selon une direction quelconque, et le pouvoir d'absorber la chaleur extérieure qui arrive sous cette même inclinaison. Quant à la question de savoir si cette faculté d'émettre et d'absorber varie avec la direction ou avec la température, elle n'est nullement décidée par la considération de l'équilibre; il faudrait y joindre des expériences variées et très-précises sur le refroidissement des corps dans des enveloppes fermées et vides d'air. Chaque observation de ce genre a l'avantage de comprendre une série de faits qui se rapportent à des températures différentes. On ne peut donc point affirmer, dans l'état actuel de nos connaissances physiques, que la quantité de chaleur intérieure qui est projetée selon différentes directions, à travers une même particule de la surface, décroît précisément en raison directe des sinus des inclinaisons : mais il est certain que, pour une même direction, les deux effets de l'émission et de l'absorption sont précisément égaux.

La théorie mathématique de la chaleur rayonnante a commencé à se former lorsqu'on a appliqué le calcul au fait général de l'équilibre; elle ne comprend encore que la statique de la chaleur, et elle est beaucoup moins étendue que celle de la propagation dans les solides; mais elle a l'avantage d'être fort simple et de n'exiger que les règles élémentaires de l'analyse.

Nous regardons comme un fait constant et universel que l'équilibre de la chaleur s'établit dans une enceinte fermée dont on maintient la température, et que cet

équilibre subsiste quelles que soient la nature des corps, leur forme, leur situation, et quel que soit l'état physique des surfaces. Ce fait est clairement expliqué par les trois propriétés que l'on a énoncées, savoir : l'égale irradiation, l'extinction à très-petite distance, et l'égalité de l'émission et de l'absorption.

Il suit rigoureusement de cette troisième propriété que l'équilibre de la chaleur rayonnante dans un vase fermé ne peut être troublé par aucun changement de l'état des surfaces. La chaleur totale qu'un élément de l'enceinte envoie à un point de l'espace intérieur est exactement la même après le changement que celle qui était envoyée auparavant. Or ce rayon reçu par un point de l'espace se forme, 1°. de la chaleur projetée à travers l'élément de la surface; 2°. de la chaleur réfléchie par cet élément. On peut, dans ce second effet, distinguer les produits d'une seule réflexion, ou de deux ou d'une infinité de réflexions successives. Il est facile d'exprimer la valeur de tous ces effets partiels, et de reconnaître que leur somme équivaut au rayon qui serait envoyé par le même élément, si la réflexibilité de la surface était nulle. Toutefois cette égalité n'aurait point lieu si la réflexibilité pouvait devenir totale sous de certaines incidences. Mais on ne pourrait pas en conclure, dans ce cas même, qu'un changement d'état des surfaces trouble l'équilibre de la chaleur rayonnante, et rend inégaux les rayons qu'un point de l'espace reçoit en différentes directions; car l'uniformité de la distribution serait conservée par la chaleur contenue, qui subirait des réflexions continuelles dans l'intérieur du vase.

Pour rendre plus sensible l'ordre des propositions

qui font l'objet de ce Mémoire, nous le terminons par la table suivante, qui contient le sommaire de chaque article.

I. Les rayons de chaleur qui tombent sur la surface d'un corps se divisent en deux parties, dont l'une est absorbée et l'autre réfléchie.

La chaleur rayonnante envoyée par chaque élément d'une surface se compose de la chaleur émise directement et de la chaleur réfléchie.

II. Définition mathématique de la quantité de chaleur contenue dans les rayons qu'un même élément de la surface envoie selon différentes directions.

III. Notion générale de l'équilibre de température qui s'établit dans l'intérieur d'une enceinte fermée dont toutes les parties ont une température commune et invariable.

IV. Ce fait général sert à déterminer la loi du rayonnement, principe qui sert de fondement à ce calcul.

V. Résultats divers du calcul précédent.

VI. Un même élément de la surface envoie en différentes directions des quantités de chaleur proportionnelles aux sinus de l'inclinaison du rayon sur cette surface; il reçoit dans chaque direction une quantité de chaleur égale à celle qu'il envoie.

VII. Conséquences remarquables de cette loi :

1°. L'équilibre s'établit d'élément à élément; cette condition ne convient qu'à la loi énoncée.

2°. Chaque point de l'espace reçoit dans tous les sens une même quantité de chaleur; et cette quantité est la même pour tous les points.

3°. Construction qui représente, pour le cas de l'équi-

libre, la quantité de chaleur envoyée à un point donné, par une surface d'une forme quelconque.

4°. La distribution homogène de la chaleur ne subit aucun changement, si l'on déplace ou si l'on retranche les corps contenus ; cette égale distribution est une condition de l'équilibre.

VIII. Calcul de la quantité de chaleur qui est émise par un corps uniformément échauffé, et qui traverse librement une portion de la superficie selon une direction donnée. L'émission étant supposée libre et complète, les quantités de chaleur projetées en différentes directions, à travers un même élément de la surface, sont proportionnelles aux sinus des angles que ces directions font avec la surface.

IX. Construction géométrique dont on peut déduire ce même résultat.

X. La loi du rayonnement libre à la superficie des corps, et les équations générales qui expriment la distribution de la chaleur dans les solides dérivent d'un même principe.

XI. Remarques générales sur la propriété de réfléchir la chaleur incidente et celle d'émettre la chaleur intérieure.

XII. La loi du rayonnement énoncée dans les articles 6 et 8 n'est point troublée par les changemens qui surviennent dans l'état des surfaces. Cette propriété résulte évidemment de l'égalité qui subsiste entre le pouvoir d'émettre la chaleur intérieure, et celui d'absorber la chaleur incidente.

XIII. Le théorème de l'article précédent ne suppose point que la fraction qui mesure le pouvoir d'émettre la chaleur est la même pour toutes les inclinaisons ; il suppose seulement que pour une même inclinaison l'effet de l'émission et celui de l'absorption sont égaux.

XIV. Calcul de l'effet des réflexions successives, construction et notations.

XV. Expression de la différence que l'on trouve entre la quantité de chaleur qu'un élément projetterait dans une direction donnée si le pouvoir d'émission était total, et la somme des rayons directs ou réfléchis que cet élément envoie selon cette direction.

XVI. La différence exprimée dans l'article précédent mesure l'intensité du rayon qui aurait subi en sens contraire les mêmes réflexions. L'un des effets est le complément exact de l'autre.

XVII. Si l'on supposait un tel changement de l'état des surfaces que, sous de certaines incidences, il pût y avoir réflexion totale, la loi du rayonnnement et la distribution homogène de la chaleur qui subsistaient auparavant, seraient conservées au moyen de la chaleur contenue qui subirait des réflexions continuelles.

XVIII. Remarques sur diverses propositions qui ne peuvent être admises dans la théorie mathématique de la chaleur rayonnante.

XIX. Conséquences générales.

Moyen *de retirer le titane des minéraux, et de le séparer complètement des substances avec lesquelles il s'y trouve combiné.*

Par M. Peschier.

Lorsqu'en 1821 et 1822 je fis connaître le résultat de mes recherches analytiques sur les micas (*Journal de Physique*), et que, l'année suivante, je communiquai à M. Vauquelin ceux que j'avais obtenus sur les talcs,

je ne pouvais supposer que le procédé que j'avais suivi était inexact, et que les proportions de titane que j'avais accusées étaient exagérées, car les propriétés analogues à celles de la silice, de l'alumine, de la magnésie et de la chaux, que ce principe possède, ne lui avaient pas été reconnues; aussi ces terres ont-elles été quelquefois regardées comme pures lorsqu'il s'y trouvait réuni, et d'autres fois ce que l'on croyait devoir être du titane pur était un mélange de titane et de l'une ou l'autre d'entr'elles.

Mais ayant découvert depuis lors ces diverses propriétés et les moyens de séparer exactement ces principes, je me suis occupé à rectifier plusieurs de mes analyses. J'en communiquai quelques-unes, ce printemps, à notre Société de Physique et d'Histoire naturelle, et ne les aurais pas fait connaître avant le travail sur le titane, dont je m'occupe, qui paraîtra sous peu, si la Note de M. Vauquelin sur la présence du titane dans les micas, insérée dans le Cahier de septembre des *Annales de Chimie et de Physique*, p. 67, ne m'avait forcé à devancer ce moment; car, tout en reconnaissant le titane dans tous les micas, ce savant annonce *que ceux qui en contiennent le plus ne lui en ont pas donné un centième.*

Je décrirai d'abord la marche des procédés à suivre, dans l'analyse d'un minéral à base de titane, et rapporterai ensuite quelques-uns des résultats importans qu'elle m'a fournis.

1°. Je traite le minéral porphyrisé avec deux parties de potasse, retirant le vase du feu lorsque la masse est incandescente; j'étends le produit dans de l'eau, le jette sur un filtre et lave le résidu insoluble jusqu'à ce

que le liquide n'ait plus d'action sur les papiers d'épreuve. Pour séparer des lavages la petite portion de titane qui se trouve dissoute avec de la silice, je les supersature faiblement, les évapore à consistance saline humide, dans un vase de porcelaine, délaie le produit salin dans de l'eau, le reçois sur un filtre où la silice se dépose; puis, après l'avoir lavée et desséchée, je l'expose à l'action de l'acide oxalique ou de l'hydrochlorique étendu pour en séparer le titane ou telle autre substance qui pourrait s'être déposée avec elle. Je réunis ensuite le liquide, dont j'ai séparé la silice, à celui dans lequel elle a été exposée; je les traite avec l'infusion gallique, les rends légèrement alcalins, les concentre, et s'ils prennent une teinte rouge brune qui caractérise le titane, je les mets en réserve pour les reprendre à la fin des opérations.

2°. Je soumets le résidu insoluble dans la potasse à l'action de l'acide hydrochlorique, étendu de six à huit parties d'eau, à l'aide de l'ébullition : s'il reste une quantité de substance insoluble plus forte qu'on ne le supposerait, je la reprends une seconde fois avec de la potasse, et suis avec elle les opérations indiquées; je sature ensuite les dissolutions acides, avec un sous-carbonate alcalin; et après en avoir séparé le précipité, j'évapore le liquide à consistance saline humide, procède avec le dépôt qui peut s'y former par la dissolution dans l'eau du produit, comme avec celui du § 1; et reconnaissant sur les lavages l'action de l'infusion gallique, comme il a été indiqué, je les réunis au précédent de la même nature, si elle y démontre le titane.

3°. J'expose à l'action de la potasse le précipité formé

sur la dissolution acide ; et comme le titane se dissout tout ou partie avec l'alumine, que l'hydrochlorate d'ammoniaque, tout en laissant une portion de titane dissoute, en précipite une grande partie avec l'alumine, pour éviter cette cause d'erreur, qui était inconnue, je me sers à sa place du sulfate d'ammoniaque, auquel j'ai découvert la propriété de ne précipiter que l'alumine; et lorsque j'ai reçu et lavé cette terre sur un filtre, j'évapore les liquides à consistance saline humide; je sépare, par la dissolution dans l'eau du produit, quelque peu de silice qui y était dissoute ; je jette de l'infusion gallique sur les lavages, et les mêle aux deux précédemment indiqués.

4°. Le titane ne se dissolvant pas dans la potasse aussi facilement que l'alumine toutes les fois qu'il s'y rencontre, le résidu insoluble conserve un caractère gélatineux ; et pour le séparer des principes avec lesquels il s'y trouve mélangé, on dissout ce résidu dans l'acide hydrochlorique, où quelques portions de silice se séparent encore ; on précipite le fer de cette dissolution par l'hydrocyanate de potasse et de fer ; on sature ensuite le liquide avec un sous-carbonate alcalin et on le porte à l'ébullition. Le précipité qui s'y forme est blanc, volumineux et a l'aspect alumineux : comme il peut être composé d'un mélange de titane, de magnésie et de chaux, on rend le premier insoluble dans les acides, par l'effet d'une très-vive chaleur, et on en dissout les terres indiquées en le laissant quelques heures en digestion dans un acide faible, soit le vinaigre distillé. On sépare par un filtre les parties insolubles ; on traite le liquide avec l'ammoniaque pour en retirer la

magnésie, avec l'oxalate d'ammoniaque pour la chaux; et l'on reconnaît que l'opération a été bien conduite s'il n'éprouve ensuite aucun changement avec l'infusion gallique. On réunit aussi aux liquides mis de côté celui duquel le fer et les autres substances ont été retirées.

5°. Enfin, comme le titane forme des sels doubles avec tous les acides, et que le tannate de titane se redissout aisément par l'infusion gallique, on parvient à obtenir celui qui, par ces deux causes, échappe toujours à l'analyse, en évaporant à siccité tous les liquides qui ont été mis en réserve, rougissant leur produit, dissolvant dans l'eau la masse saline qui en résulte, jetant le liquide sur un filtre, lavant les parties insolubles, les faisant rougir pour en détruire la substance charbonneuse, et lavant de nouveau dans une eau acidulée la poudre blanche qu'elles donnent, qui est le titane cherché. S'il se trouve coloré par le fer ou le manganèse, on l'en dépouille aisément par une digestion dans de l'acide nitro-hydrochlorique, après l'avoir exposé à une très vive chaleur.

En répétant encore deux fois sur les lavages cette série d'opérations, et y ajoutant chaque fois de l'infusion gallique, on retire tout le titane contenu dans le minéral en recherche.

Je dirai, en passant, que, vu sa propriété de former des sels doubles, j'en ai toujours séparé plusieurs grains des sels obtenus, dans la recherche du principe alcalin, de ce genre de minéraux; que sa présence s'y reconnaît à l'état spongieux que prennent les hydrochlorates de potasse ou de soude, qui, bien privés d'ammoniaque et rougis fortement, ne peuvent entrer en fusion, et

qu'elle nécessite plusieurs dissolutions, évaporations et expositions à une vive chaleur, pour en priver ces sels complètement.

Telle est la marche des opérations minutieuses que j'ai reconnue indispensable à suivre, dans l'analyse des minéraux à base de titane (dont le nombre est beaucoup plus grand qu'on le suppose), et à l'aide de laquelle le mica foliacé noir de Sibérie, qui, d'après Klaproth, serait composé de silice 42,50, alumine 11,50, magnésie 9, oxide de fer 22, manganèse 2, potasse 10, perte par le feu 1, total 98, m'a fourni : silice 24, alumine 8,50, magnésie 5, peroxide de fer 30, manganèse 0,70, titane 21, potasse 5,70, perte par le feu 2,75, total 97,65. Les talcs, les chlorites et les stéatites m'ont donné, en suivant le même procédé, de 0,19 à 0,30 d'une substance qui, comme celle que j'ai désignée par le nom de *titane* dans le mica, forme, ainsi que le titane retiré du ruthile, une masse gélatineuse, transparente, jaunâtre, par l'évaporation, à une douce chaleur, de sa dissolution dans l'acide hydrochlorique; fournit, comme lui, par la saturation de sa dissolution dans un acide, un précipité blanc gélatineux, très-volumineux; par l'infusion gallique, un précipité jaunâtre, qui augmente par une légère supersaturation de l'acide, devient brun et se dissout en grande partie par l'addition du réactif, en donnant au liquide une teinte de sang; est soluble dans les alcalis purs; forme des sels doubles avec tous les acides; devient insoluble dans les acides, par l'effet d'une vive chaleur, et par conséquent possède tous les caractères du titane; à la seule différence près, qu'elle ne fournit pas avec l'infusion gallique un précipité rouge orangé abon-

dant, et ne prend pas toujours une teinte citrine par la chaleur ; mais ces anomalies, qui me paraissent peu importantes, marchent de pair avec nombre de celles que ce principe présente.

Telles sont les raisons qui m'ont engagé à communiquer ce procédé ; mais comme je sens vivement toute la force d'une opinion donnée par un savant, du mérite de M. Vauquelin, je le soumets à l'expérience de chimistes plus habitués que moi à ce genre de travail, et recevrai avec reconnaissance les avis qui me seraient transmis.

SUITE *du Mémoire de M.* Berzelius.

Combinaisons de l'Acide fluorique avec les acides ou les oxides électro-négatifs.

L'acide fluorique se distingue des autres acides par la propriété de former avec les acides plus faibles que lui des composés dans lesquels ceux-ci lui servent de bases. Ces composés, qui peuvent former des sels doubles avec les fluates des oxides électro-positifs, ont la propriété générale, à l'état de saturation, d'éprouver une décomposition partielle par l'eau ; d'où résulte une dissolution acide, et la séparation de l'oxide électro-négatif lorsqu'il est insoluble, soit pur, soit combiné avec une petite portion d'acide fluorique. L'acide se combine avec une portion d'eau, et l'on obtient réellement un sel double dont l'eau est une des bases. Celle-ci peut être séparée par toutes les autres bases plus fortes, qui prennent alors sa place auprès de l'acide fluorique en formant un sel double. Généralement, si un fluate

neutre est décomposé par l'eau et qu'il en résulte un sel acide, celui-ci a une tendance à échanger son eau contre d'autres bases, et à former des sels doubles. Peut-être pourrait-on en dire autant des sels neutres formés par les autres acides, lorsqu'ils sont décomposés d'une manière semblable par l'eau. Cela n'arrive pourtant pas pour les sels d'antimoine et de bismuth, dont l'oxide se précipite presqu'en entier par le moyen de l'eau. Il y a long-temps que l'on connaît la combinaison de la silice avec l'acide fluorique et celles que ces deux corps forment avec la potasse et la baryte : on connaît aussi, par les travaux de MM. Thenard et Gay-Lussac, la combinaison qu'on a désignée par le nom d'*acide fluoborique*; mais on ignore encore la manière dont elles se réunissent avec les bases salifiables. Je me propose de montrer, dans ce Mémoire, que l'acide fluorique donne avec la plupart des oxides électro-négatifs des combinaisons qui sont formées d'après le même principe que les précédentes, mais qui en diffèrent par leurs propriétés particulières.

Acide fluorique silicé et ses combinaisons avec les bases.

Il y a long-temps que l'on connaît cet acide, quoique ce ne soit que depuis les travaux de MM. Gay-Lussac et Thenard qu'on le considère comme un composé particulier. La circonstance que la silice entre simultanément avec l'acide fluorique dans quelques composés, a fait considérer celui qu'elle forme avec cet acide comme un acide double, dont j'avais proposé de désigner les combinaisons avec les bases par le nom de *fluo-silicates*. Cette

dénomination n'est cependant pas juste, comme je le montrerai plus bas. L'acide fluorique silicé ne doit être pris pour rien autre chose que pour du fluate de silice, car ce n'est qu'avec les fluates neutres qu'il peut se combiner, sans se décomposer ; et lorsqu'une portion de silice en a été séparée, elle ne peut être remplacée que par un alcali, un oxide ou de l'eau. J'ai mis le gaz fluorique silicé en contact avec du carbonate de potasse ou de soude réduit en poudre très-fine ; mais il n'y en a pas eu plus d'absorbé que ce qu'on pouvait attribuer à l'humidité contenue dans le carbonate, et le sel, après un séjour de plusieurs jours dans le gaz, n'en avait absorbé qu'une quantité extrêmement petite. Ce même gaz se comporte semblablement avec la chaux pure et avec le bi-carbonate de potasse ; et cependant il est absorbé très-facilement lorsqu'on le met avec un fluate en poudre fine, même sans eau, à base alcaline, terreuse ou métallique. Au bout de quelques heures, le fluate en est entièrement saturé ; ce qui montre que la portion d'acide fluorique et de silice absorbée n'a besoin d'aucune nouvelle base pour être saturée. Ce fait simple montre déjà que les prétendus fluo-silicates, au lieu d'être des combinaisons d'un fluate avec un silicate, comme on pourrait le croire, sont plutôt des combinaisons de fluate de silice avec les fluates d'autres bases. Mais avant de traiter de ces combinaisons intéressantes, je veux examiner les propriétés du fluate de silice gazeux, la manière dont il se comporte avec l'eau, sa composition, etc.

Composition du fluate de silice. La silice à l'état gélatineux étant un peu soluble dans l'eau, et exigeant une très-grande quantité de ce liquide pour être lavée,

il serait à-peu-près impossible de faire cette analyse avec exactitude si l'on séparait la silice dans cet état gélatineux. Le moyen le plus convenable est d'employer la soude qu'on sait former avec l'acide fluorique et la silice un sel peu soluble, et de séparer ensuite la silice restée dans le liquide surnageant par double décomposition. Cependant, pour pouvoir employer cette méthode avec succès, il faut connaître la composition du fluate insoluble de soude; mais, une fois connue, elle rend inutile le reste de l'analyse.

Après avoir trouvé, comme je le montrerai plus bas, les proportions de l'acide fluorique et de la silice dans le fluate double de soude, j'ai fait l'analyse du fluate de silice de la manière suivante : J'ai fait arriver le gaz dans de l'eau, jusqu'à ce qu'elle eût acquis la consistance de bouillie. J'ai filtré, et la silice a été lavée tant que l'eau a rougi le tournesol. Après avoir été exposée à une chaleur rouge, son poids s'est trouvé de 1g.,263. Je me suis assuré, par une autre épreuve, que la silice bien lavée ne retient pas d'acide fluorique.

Le liquide acide filtré a été saturé avec du carbonate de soude, jusqu'à cessation de toute effervescence. Le sel double peu soluble qui s'est précipité a été recueilli sur un filtre dont le poids était connu, puis lavé et desséché dans un creuset de platine. Son poids s'est élevé à 8g.,99, représentant 3g.,053 d'acide fluorique; ce qui est cependant un peu trop, comme je le ferai voir plus bas. Le liquide, après l'évaporation de l'eau employée pour laver la silice, a été sursaturé de carbonate de soude, puis mêlé avec une dissolution de carbonate de zinc dans l'ammoniaque, et évaporé presque jusqu'à siccité. Le

résidu a été traité par l'eau chaude, et la silice, maintenant combinée avec l'oxide de zinc, a pu être lavée sans perte. Le silicate décomposé par l'acide nitrique a produit 1g·,297 de silice.

Le liquide alcalin qui contenait du carbonate et du fluate de soude a été saturé avec de l'acide acétique, mais pas tout-à-fait jusqu'à neutralité parfaite, pour éviter toute perte possible d'acide fluorique par l'évaporation. La masse saline obtenue a été traitée par un mélange d'esprit-de-vin et de vinaigre qui a dissous le petit excès encore restant de carbonate de soude, et a laissé le fluate de soude. Le poids de ce dernier sel s'est élevé à 2g·,912, représentant 0g·,787 d'acide fluorique. Ainsi la silice était combinée avec 3g·,053 + 0g·,787 = 3g·,840 d'acide; et conséquemment le fluate de silice est formé de 100 parties d'acide fluorique et de 144,5 de silice. Quoique le résultat de cette analyse ne soit pas tout-à-fait exact, comme nous le trouverons plus bas, il suffit pour montrer que, dans le gaz fluorique silicé, le rapport de l'acide fluorique à la silice est le même que dans tous les fluates neutres.

Maintenant se présente de nouveau la question: Combien l'eau sépare-t-elle de silice du fluate de silice? Dans l'expérience qui vient d'être décrite, on a obtenu en tout 5g·,554 de silice, et 1g·,263 pour celle qui a été précipitée par l'eau, c'est-à-dire que la dernière quantité de silice est un peu moins que le quart de la première. Mais quoique ce résultat soit d'accord avec celui de J. Davy, il n'est point exact, puisque la silice se dissout pendant le lavage. Le véritable rapport, comme je le montrerai plus bas, est tel que

le $\frac{1}{3}$ de la silice est séparé par l'eau : conséquemment, dans l'acide liquide, la silice contient deux fois autant d'oxigène que l'eau qui s'est combinée avec l'acide à la place de la silice précipitée. L'acide liquide ne peut être obtenu pur que très-concentré; car la silice étant soluble dans l'eau, il s'en dissout d'autant plus que l'on a employé une plus grande quantité d'eau avant de filtrer.

Je regarde comme démontré par mes expériences :

1°. *Que, dans le gaz fluorique silicé gazeux, l'acide et la silice contiennent la même quantité d'oxigène, c'est-à-dire que 3 atomes de l'acide se combinent avec 2 atomes de silice ;*

2°. *Que, dans l'acide liquide, $\frac{1}{3}$ de l'acide fluorique a perdu sa silice, et à sa place a pris de l'eau; que conséquemment il est composé de 3 atomes d'acide fluorique aqueux et de 2 atomes de fluate de silice.*

0g.,1835 d'eau laissés pendant quarante-huit heures sur le mercure en contact avec le gaz fluorique silicé, en ont absorbé 0g.,258, ou 100 d'eau ont absorbé 140,6 d'acide; et comme $\frac{1}{3}$ de la silice contenue dans l'acide, savoir, 27,65, en a été séparé par l'eau, il reste 112,95 pour la quantité d'acide liquide combinée avec 100 d'eau. C'est le plus grand degré de concentration que cet acide puisse avoir. Il est à remarquer que, dans cette combinaison, l'oxigène de l'acide fluorique est à-peu-près la moitié, et l'oxigène de la silice restant en dissolution le tiers de l'oxigène de l'eau; et si l'on supposait qu'au lieu de 140,6 d'acide fluorique silicé, qui ont été absorbées par 100 d'eau, il y en ait eu 147,5, on aurait exactement les rapports cités. J'ai cherché, par

divers moyens, à obtenir l'acide liquide dans son plus grand degré de concentration, c'est-à-dire, sans autre eau que celle qui doit lui servir de base; mais je n'ai pu y réussir. On peut concentrer jusqu'à un certain point, par l'évaporation, l'acide délayé; mais, vers la fin, il se dégage avec l'eau. On ne réussit pas mieux avec l'acide sulfurique concentré, dans un espace vide. La meilleure manière d'obtenir l'acide dans son plus grand état de concentration est de mettre de la silice en poussière fine dans un petit vase avec de l'acide fluorique affaibli par deux à trois fois son volume d'eau, et refroidi artificiellement. Quand l'eau est saturée d'acide fluorique silicé, l'excédant du gaz se dégage.

Lorsqu'on chauffe dans des vases de verre les fluates doubles siliceux qui contiennent de l'eau de cristallisation, jusqu'à ce que le fluate de silice commence à se volatiliser, on obtient un sublimé blanc que l'on prendrait d'abord pour un sel ammoniacal, mais qui paraît formé, au microscope, de gouttelettes transparentes. On peut les volatiliser d'un endroit à un autre, tant que le vase est rempli de gaz fluorique silicé; mais elles abandonnent de la silice lorsqu'elles ont le contact de l'air. Ce liquide demande une température passablement élevée pour être volatilisé.

L'acide fluorique silicé étendu d'eau et celui qui est concentré, exposés à l'air, parviennent au même degré de concentration; le premier en abandonnant de l'eau, le second en en absorbant. L'acide concentré s'évapore peu à peu à une température d'environ 40°, sans laisser de résidu. Dans un vaisseau de verre, il l'attaque fortement avant d'être évaporé; circonstance qui montre

que, dans l'évaporation de cet acide, l'acide fluorique silicé se dégage dans un plus grand rapport, laissant de l'acide fluorique moins siliceux.

L'alcool absorbe plus de la moitié de son poids de gaz fluorique silicé, sans résidu. Aussitôt qu'il commence à être saturé, il se prend en une gelée transparente. Le liquide a une odeur éthérée. L'huile de pétrole l'absorbe aussi, mais en moindre quantité.

L'acide fluorique silicé liquide se combine avec toutes les bases, et produit des sels particuliers parmi lesquels on n'avait connu jusqu'à présent que ceux formés par la potasse, la baryte et l'ammoniaque. Schéele et Bergman avaient, à la vérité, déjà parlé de celui formé par la soude; mais les expériences de MM. Thenard et Gay-Lussac avaient donné lieu de conjecturer que ce sel n'existait pas. Les sels obtenus sont des sels doubles formés par le fluate de silice, combiné avec un autre fluate. J'ai trouvé, dans les fluates de potasse, de soude, de baryte et de chaux, que le rapport de la silice à la base est invariable, et je conclus qu'il en est de même pour toutes les autres bases. Je me bornerai à donner ici l'analyse du fluate de silice et de soude, et celle du fluate de silice et de baryte.

100 parties du premier sel bien desséché, traitées par l'acide sulfurique, ont donné 78,85 p. de sulfate de soude, représentant 32,844 de soude.

100 p. du même sel, en dissolution dans l'eau bouillante, saturées de carbonate de soude en léger excès, ont été mêlées avec une dissolution de carbonate de zinc dans l'ammoniaque, tant qu'il s'est formé un précipité, et l'on a ensuite ajouté un peu de cette dissolution. On

a dégagé toute l'ammoniaque en évaporant presque à siccité. Le résidu, bien lavé avec de l'eau, puis dissous dans l'acide nitrique, évaporé à siccité et traité par l'eau, a donné 31,6 p. de silice.

L'eau de lavage qui contenait le fluate de soude a été soumise à l'évaporation, et le carbonate de soude qu'elle renfermait a été saturé avec l'acide acétique. En lavant la masse saline avec l'alcool, il est resté 134 p. de fluate de soude. Nous venons de voir que le sel soumis à l'analyse contient 32,844 p. de soude, représentant 44,2 p. de fluate de soude; et $44,2 \times 3 = 132,6$. Conséquemment le fluate de silice et de soude renferme trois fois plus d'acide qu'il n'en faut pour saturer exactement la soude. En comparant la quantité de silice à celle de la soude, on trouve que l'oxigène de la première est à-peu-près le double de celui de la seconde; et pour que ce rapport fût exact, il suffirait que la quantité de silice, au lieu de 31,6, se fût élevée à 33,31. Cette différence est due, d'une part, à ce que le poids de l'atome de la silice est plus petit que celui que nous avons supposé, et de l'autre, à ce qu'il est impossible de séparer entièrement la silice.

Fluate de silice et de baryte. Ce sel, chauffé jusqu'à expulsion de toute humidité, a été exposé à une température plus élevée, dans un creuset de platine, pour dégager le gaz fluorique silicé. Ce gaz n'était accompagné d'aucune trace d'acide fluorique libre; car, reçu dans du verre, il ne l'a pas attaqué. 100 p. du sel double ont laissé 62,25, et une autre fois 62,26 de fluate de baryte. Le poids de l'acide fluorique silicé s'élève par conséquent de 37,74 à 37,75.

100 parties du même sel, décomposées par l'acide sulfurique, ont donné 82,933 de sulfate de baryte; résultat qui confirme celui précédemment obtenu avec le fluate de silice et de soude, savoir, que l'acide fluorique contient trois fois et la silice deux fois autant d'oxigène que l'autre base. Le composé est d'après cela formé de 3 atomes de fluate de baryte et de 2 atomes de fluate de silice. Lorsque, dans cette espèce de sels, la base contient 3 atomes d'oxigène, le sel double est alors formé d'un atome de fluate de cette base et de 2 atomes de fluate de silice.

Le fluate de silice et de potasse offre une composition semblable aux deux précédentes.

Le fluate de silice et de chaux contient une quantité d'eau dont l'oxigène est double de celui de la chaux: on l'a déterminée en chauffant le sel double avec de l'oxide de plomb. Il est d'ailleurs composé de la même manière que les fluates doubles précédens.

Cette composition explique un phénomène paradoxal qui cependant, d'un autre côté, est tout-à-fait naturel. Si l'on dissout dans l'eau du bi-fluate de soude ou de potasse, et qu'on le fasse digérer avec une quantité de silice suffisante pour saturer l'excès d'acide, la réaction acide disparaît complètement et est remplacée par une réaction alcaline. Ce n'est point à la silice qu'est due cette réaction; mais puisque l'acide en excès suffit pour former avec la moitié du fluate un fluate double de silice et de soude ou de potasse, ce sel se précipite, et l'autre moitié du fluate, maintenant à l'état neutre, manifeste la réaction alcaline qui lui est naturelle. Zeise a

déjà fait une observation semblable avec l'acide borique.

Les sels doubles de l'acide fluorique avec la silice et les autres bases ont une saveur amère acidule, ressemblant tellement à celle de la crême de tartre, qu'elle ne peut servir à les distinguer de ce sel, à moins que la base ne donne en même temps aux fluates une saveur propre. Tous rougissent le papier de tournesol, et la plupart sont solubles dans l'eau. Les sels doubles de potasse, de soude, de lithine, de baryte, de chaux et d'yttria sont les seuls peu solubles que j'aie examinés. Un grand nombre contiennent de l'eau de cristallisation, et plusieurs de ces derniers s'effleurissent. A une température élevée, tous sont décomposés; le fluate de silice se dégage, et le fluate neutre de la base la plus forte reste. Lorsque les sels contiennent de l'eau de cristallisation, le fluate de silice commence à se dégager avec elle, et l'on obtient de l'acide fluorique silicé liquide, dans un grand état de concentration.

Si, après avoir dissous ces sels dans l'eau, on ajoute de l'alcali, on en opère la décomposition. La silice des sels à base alcaline se sépare, et il reste un fluate neutre. Les dissolutions des sels à base alcalino-terreuse sont décomposées de manière que le fluate terreux se précipite, mêlé ou combiné avec la silice, et que l'acide de cette dernière reste en dissolution. Les sels à base terreuse proprement dite, ou d'oxides métalliques, sont décomposés de manière que l'acide fluorique reste en dissolution avec l'alcali, tandis que la silice se précipite avec l'oxide à l'état d'un silicate, dans lequel l'oxigène de la silice est le double de celui de l'oxide.

La plupart des fluates doubles sont promptement décomposés par l'acide sulfurique, avec dégagement de fluate de silice gazeux. Ceux de chaux et de baryte produisent plus de 100 degrés de chaleur. Les acides nitrique et hydrochlorique ne les décomposent qu'en partie. Je vais maintenant décrire les propriétés particulières de ces sels.

Fluate de silice et de potasse. Ce sel est peu soluble dans l'eau, mais trop pour qu'il puisse servir à la détermination de la quantité de potasse contenue dans une combinaison. Sa dissolution, saturée à la température de l'ébullition, donne par l'évaporation de petits cristaux qui paraissent être des rhomboèdres ou des prismes hexaèdres réguliers. Il ne contient point d'eau de cristallisation et demande une température très-élevée pour être décomposé. Dans des vaisseaux fermés, il se fond au rouge obscur, bouillonne à une température plus élevée, laisse dégager du fluate de silice et perd de plus en plus de sa fusibilité. Dans des vaisseaux ouverts, le dégagement du fluate de silice précède sa fusion; mais il faut une chaleur long-temps continuée pour qu'il se fasse entièrement. Le même sel n'est point dissous ni décomposé à une température ordinaire, par la potasse caustique ou carbonatée; mais tenu avec cette dernière à la température de l'ébullition, il se dégage de l'acide carbonique, et tout est dissous. La silice reste en dissolution transparente jusqu'à ce que la liqueur soit refroidie, et se prend alors en gelée. MM. Gay-Lussac et Thenard parlent d'un sel basique, de silice de potasse et d'acide fluorique, que l'on peut obtenir en traitant le sel double précédent par la potasse caustique; mais je n'ai point trouvé qu'il en fût ainsi. En n'employant

pas la quantité de potasse nécessaire à la décomposition totale, ou en ne la laissant pas agir un temps suffisant, on obtient un mélange de silice et de sel non décomposé, et on peut si bien enlever ce dernier par des lavages que la silice restante ne donne plus la moindre trace d'acide fluorique silicé lorsqu'on la chauffe avec de l'acide sulfurique.

Fluate de silice et de soude; ressemble parfaitement au sel précédent. Il est cependant plus pesant, et il forme des grains plus gros qui se précipitent plus promptement: sur le filtre, il se présente en gelée et se réduit en farine par la dessiccation. Il est aussi plus soluble que le sel formé par la potasse, et plus à chaud qu'à froid. En évaporant lentement sa dissolution, on obtient des petits cristaux éclatans qui, sous le microscope, paraissent des prismes hexaèdres réguliers courts, coupés perpendiculairement à leurs bases. Il ne contient point d'eau de cristallisation, et au feu il se comporte comme le sel de potasse; mais il perd son acide plus facilement, et alors il se fige. Il est décomposé lorsqu'on le fait bouillir avec du carbonate de soude, et le liquide finit par se prendre en gelée.

Fluate de silice et de lithine. Il est extrêmement peu soluble dans l'eau. Il se dissout plus facilement avec un excès d'acide, et donne alors des cristaux transparens qu'on reconnait facilement pour des prismes à 6 pans, ayant un rhomboëdre pour forme primitive. Il se fond au rouge et retient très-fortement son fluate de silice.

Fluate de silice et d'ammoniaque. On ne peut le préparer sans perte que très-difficilement, en saturant l'acide siliceux liquide avec l'ammoniaque, parce que

celle-ci précipite en même temps de la silice. On l'obtient facilement en distillant un mélange de sel ammoniac avec le fluate double de potasse ou de soude. Il est très-soluble dans l'eau, et donne, par l'évaporation spontanée, de gros cristaux transparens qui ont un rhomboëdre pour forme primitive, et qui tendent au prisme héxaèdre pour forme secondaire. Il se volatilise avant de se fondre. L'ammoniaque le décompose et en sépare la silice.

Lorsqu'on mêle du gaz ammoniaque avec le gaz fluorique siliceux, il se condense, d'après les expériences de MM. Gay-Lussac et de John Davy, 2 volumes du premier et 1 du second. Ce sel, qui est volatil, n'appartient point à la classe de ceux dont il est ici question : il est composé d'un atome de fluate d'ammoniaque et d'un atome de silicate d'ammoniaque, l'un et l'autre sans eau. L'eau le décompose, et la silice s'en sépare en gelée. Il appartient vraisemblablement à la classe des combinaisons que l'on a désignées par le nom de *fluosilicates.*

Fluate de silice et de baryte. Le meilleure manière de l'obtenir est d'ajouter à de l'acide fluorique silicé liquide du chlorure de barium. Au bout de quelques instans, le sel double se précipite en petits cristaux si peu solubles, que l'on peut précipiter ainsi presque toute la baryte. Le liquide contient de l'acide muriatique qui n'a pas augmenté d'une manière sensible la solubilité du sel. Une chaleur rouge en dégage facilement le fluate de silice. Il ne contient point d'eau de cristallisation.

Fluate de silice et de chaux. On le prépare en ajou-

tant du carbonate de chaux à de l'acide fluorique silicé liquide jusqu'à ce que le carbonate ne soit plus dissous. Ce sel n'est point soluble dans l'eau sans excès d'acide. Il fournit des cristaux qui paraissent être des prismes à quatre pans tronqués profondément à leurs extrémités. L'eau le décompose; une partie du fluate de chaux avec de la silice reste sans être dissoute, et l'eau retient du sel double en dissolution dans l'acide fluorique silicé liquide qui s'est formé.

Fluate de silice et de strontiane. Est très-soluble dans un excès d'acide. On l'obtient en gros prismes courts à quatre pans, pas tout-à-fait à angles droits, terminés par un biseau reposant sur les angles aigus. Les cristaux deviennent d'un blanc d'émail par la chaleur, en perdant leur eau de cristallisation. L'eau les décompose en partie, laissant un mélange de silice et de fluate de strontiane, mais moins abondant que le sel double calcaire. *Cette manière différente de se comporter des sels doubles de baryte et de strontiane donne une méthode très-facile et suffisamment exacte de séparer ces deux alcalis et d'évaluer leur quantité.* On dissout pour cela le mélange des deux alcalis dans l'acide hydrochlorique ou dans l'acide acétique; on verse dans la dissolution de l'acide fluorique silicé liquide; la baryte se précipite, et on en détermine le poids par celui du précipité. Une très-petite quantité d'acide sulfurique ajoutée à la dissolution en précipite le peu de baryte qui y était resté, sans agir sur la strontiane. On filtre le liquide; on l'évapore jusqu'à siccité, et on décompose le résidu par l'acide sulfurique.

Fluate de silice et de magnésie. C'est un sel très-

soluble dans l'eau, qui donne par l'évaporation une masse transparente jaunâtre, semblable à de la gomme, se dissolvant dans l'eau sans résidu.

Fluate de silice et d'alumine. C'est aussi un sel très-soluble dans l'eau et incristallisable. Il se dissout complètement dans l'eau, mais très-lentement.

Fluate de silice et de glucine. Il se dissout facilement dans l'eau, mais ne cristallise pas. On obtient par l'évaporation une masse sirupeuse qui finit par devenir blanche et opaque ; la saveur en est astringente sans être sucrée.

Fluate de silice et d'yttria. Il est insoluble dans l'eau ; il se dissout dans un excès d'acide ; mais en le perdant par l'évaporation, il se précipite.

Fluate de silice et de zircône. Il est soluble dans l'eau ; il se présente en cristaux blancs nacrés : leur dissolution est troublée par l'eau ; mais il ne se forme qu'un très-petit précipité.

Fluate de silice et de zinc. On l'obtient en dissolvant le zinc dans l'acide fluorique silicé liquide. Il est très-soluble et donne des cristaux inaltérables à l'air.

Fluate de silice et de protoxide de manganèse. Il se dissout facilement dans l'eau, et cristallise, après une forte concentration, en prismes réguliers à 6 pans, longs et minces. Par une évaporation lente, on obtient aussi des prismes à 6 pans, mais quelquefois si courts qu'ils montrent clairement qu'ils dérivent d'un rhomboèdre.

Fluate de silice et de protoxide de fer. Préparé en dissolvant de la limaille de fer dans l'acide fluorique silicé liquide, et évaporé librement à l'air dans des vaisseaux plats de fer, il se présente en prismes à 6 pans

réguliers, d'un bleu vert. En redissolvant le sel dans l'eau, les nouveaux cristaux qu'on obtient sont plus réguliers et leur couleur plus pâle. J'ai fait en général la remarque que les sels métalliques colorés de cette classe ont une couleur plus intense quand ils cristallisent dans une dissolution acide que lorsqu'on les dissout dans l'eau, et qu'on les fait cristalliser de nouveau, quoique cependant leur composition ne paraisse pas changée.

Fluate de silice et de peroxide de fer. Il est soluble dans l'eau, et la dissolution est faiblement colorée. Il ne cristallise pas.

Fluates doubles de silice avec le cobalt ou le nickel. Ces deux sels sont très-solubles dans l'eau, et fournissent des cristaux tout-à-fait semblables à ceux formés par le manganèse et le fer. Ils donnent ordinairement des rhomboèdres qui passent facilement au prisme hexaèdre régulier. Le sel de nickel est vert et celui de cobalt rouge.

Fluate de silice et de cuivre. Il est très-soluble dans l'eau et donne par l'évaporation spontanée des cristaux bleus transparens, d'une forme rhomboédrique mieux déterminée que celle des sels précédens, mais dont on ne peut méconnaître la tendance au prisme hexaèdre. A l'air, ils s'effleurissent et deviennent d'un bleu clair.

La similitude de forme de ces divers sels dont les bases sont des oxides isomorphes, et qui a également lieu pour les sels doubles que ces oxides forment avec le sulfate de potasse ou celui d'ammoniaque, m'a fait présumer qu'ils devaient tous contenir le même nombre d'atomes d'eau de cristallisation. J'ai en conséquence examiné

les fluates doubles de manganèse, de zinc, de cobalt, de nickel et de cuivre, et j'ai trouvé qu'ils contiennent tous une quantité d'eau dont l'oxigène est sept fois celui de la base. Le sel double de cuivre fait cependant exception, à l'état d'efflorescence; car il ne contient alors qu'une quantité d'eau dont l'oxigène est cinq fois celui de l'oxide. En s'effleurissant, il a perdu les $\frac{2}{7}$ de la quantité totale d'eau qu'il renfermait.

Fluate de silice et de protoxide de cuivre. Ce sel, dont la couleur est d'un rouge de cuivre, ressemble au fluate simple de deutoxide de cuivre. Il se fond à une température plus élevée, et bouillonne ensuite en laissant dégager le fluate de silice.

Fluate de silice et de plomb; est soluble dans l'eau, et donne par l'évaporation une masse transparente, semblable à de la gomme qui se dissout dans l'eau sans résidu.

Fluate de silice et de cadmium; très-soluble dans l'eau, donnant facilement de longs prismes sans couleur, qui s'effleurissent par la chaleur.

Fluate de silice et de protoxide d'étain; très-soluble dans l'eau, cristallisant en longs prismes. Pendant l'évaporation il se décompose; l'oxidule se change en oxide et se précipite à l'état de silicate.

Fluate de silice et de protoxide de chrôme; d'une couleur verte, très-soluble dans l'eau et incristallisable.

Fluate de silice et de protoxide d'antimoine; très-soluble dans l'eau avec un excès d'acide. Par l'évaporation spontanée, il donne des cristaux prismatiques qui tombent facilement en poudre.

Fluate de silice et de protoxide de mercure. Il est un

peu soluble dans l'eau, mais plus avec un excès d'acide : il donne par l'évaporation des petits cristaux.

Fluate de silice et de peroxide de mercure ; n'est soluble que dans un excès d'acide. On obtient par l'évaporation des petits cristaux en aiguilles d'une couleur jaunâtre. L'eau le décompose ; il reste un sel basique jaune, et le liquide, devenu acide, retient l'autre portion en dissolution. On le décompose en le soumettant à la distillation ; il donne d'abord du gaz fluorique silicé, et le fluate de mercure se décompose ensuite de la manière rapportée plus haut. Le sel basique devient noir lorsqu'on verse dessus de l'ammoniaque ; mais en ajoutant de l'eau, il prend de nouveau une couleur plus claire.

Fluate de silice et d'argent. Amené à une consistance sirupeuse, il donne des petits cristaux blancs, grenus, qui tombent promptement en déliquescence. Mêlé avec une petite quantité d'ammoniaque, il laisse précipiter un sel basique d'un jaune clair, qui se dissout dans un excès d'alcali en laissant du silicate d'argent.

Fluate de silice et de platine ; d'un brun jaune, très-soluble dans l'eau, incristallisable : évaporé en consistance de sirop et traité par l'eau, il laisse un sel basique brun.

Fluosilicates. J'examinerai plus bas les divers points de vue sous lesquels on peut considérer les combinaisons que je viens de décrire et celles qui suivront. Je me borne à remarquer en ce moment que la silice n'y entre point comme acide, mais bien comme base, et que par conséquent le nom de *silicate* exprime une idée qui n'est point justifiée par la nature de ces combinaisons. Il

y en a, au contraire, dans lesquelles un *fluate* est combiné avec un *silicate*, et alors le nom de *fluosilicate* leur convient parfaitement. La topaze et la pycnite nous en offrent deux exemples : la première est formée d'un atome de fluate basique d'alumine et de neuf atomes de silicate d'alumine, et la seconde d'un atome de fluate neutre de la même base et de neuf de silicate.

En décomposant les fluates doubles de silice par un alcali caustique, et particulièrement par l'ammoniaque, on peut obtenir d'autres sels dans lesquels le rapport du fluate au silicate varie selon les circonstances. Je n'ai point fait sur cet objet des essais aussi nombreux que son importance l'eût exigé ; je me suis borné à examiner la décomposition du fluate de silice et de chaux par l'ammoniaque, parce que ce sel se présente quelquefois dans les analyses minérales, et qu'à cause de cela il mérite le plus grand intérêt.

J'ai dissous dans l'acide muriatique affaibli du spath-fluor mêlé avec de la silice rougie, provenant de la décomposition du fluate de silice, et le tout a été mis dans un vase de verre d'où il ne pouvait se dégager du fluate de silice. Après une digestion de quarante-huit heures, la portion claire du liquide a été mêlée avec de l'ammoniaque, et le précipité lavé et rougi. Ce précipité, traité par l'acide sulfurique, a donné du gaz fluorique silicé qui a été recueilli dans du carbonate de soude, et a produit 136 parties de sulfate de chaux. La dissolution de carbonate de soude évaporée à une douce chaleur jusqu'à siccité, et le résidu traité par l'eau pour dissoudre le fluate de soude, a laissé 22,11 parties de silice. Le liquide contenant le fluate a été saturé avec

de l'acide acétique, laissé vingt-quatre heures dans un vase ouvert pour faire dégager l'acide carbonique, mêlé avec de l'ammoniaque, et ensuite avec du muriate de chaux dans un vase fermé. On a obtenu ainsi 78 pour cent de fluate de chaux. Le fluate double était par conséquent formé de fluate neutre de chaux et de silice, dans un tel rapport que l'acide peut former avec la silice l'acide fluorique silicé liquide. Il est difficile de dire si la silice était retenue par affinité chimique; mais la propriété qu'ont les fluates neutres alcalins de dissoudre la silice à chaud, sans se décomposer, le rend vraisemblable.

Une autre partie de la même dissolution dans l'acide muriatique a été mêlée avec du muriate de chaux, et ensuite précipitée par l'ammoniaque. Le précipité, traité comme le précédent, a donné 150 p. de sulfate de chaux (contenant 62,25 pour cent de chaux), 19 pour cent de silice et 65,67 de fluate de chaux, contenant 18,04 d'acide fluorique. En soustrayant le fluate de chaux, il reste une combinaison de silice et de chaux dans laquelle la première contient deux fois plus d'oxigène que la seconde, et le tout, qui est plus vraisemblablement une combinaison chimique, un véritable fluosilicate, qu'un simple mélange, est un composé d'un atome de bisilicate de chaux et de 3 atomes de fluate de chaux. C'est tout-à-fait le même composé que l'on obtient lorsqu'après avoir dissous l'apophyllite dans l'acide nitrique froid ou dans l'acide muriatique faible, on précipite par l'ammoniaque. Si l'on dissolvait le minéral à chaud, il se volatiliserait de l'acide fluorique, et en évaporant à siccité la dissolution acide, on n'obtiendrait

plus le même composé; car une dissolution de spath-fluor et de silice, dans un excès d'acide muriatique, ne laisse après l'évaporation que du muriate de chaux. Toutes les bases auxquelles l'ammoniaque enlève une partie de leur acide fluorique donnent vraisemblablement, lorsqu'on précipite leurs fluates doubles siliceux par cet alcali, un autre rapport entre le silicate et le fluate.

(*La fin au Cahier prochain.*)

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 11 *octobre* 1824.

M. le prince Pierre d'Aremberg écrit pour annoncer la perte qu'il vient de faire en la personne du duc de Brancas-Lauraguais, son grand-père, membre libre de l'Académie.

M. Jomard communique les nouvelles qu'il vient de recevoir de l'expédition de M. Beaufort dans l'intérieur de l'Afrique. Il présente du beurre de Schea et de l'huile de palmes, recueillis par ce voyageur.

M. Walsh avait adressé des Mémoires relatifs à divers sujets de mathématiques. Il résulte du rapport fait aujourd'hui par les commissaires de l'Académie que ces nouvelles productions de l'auteur irlandais ne méritent aucune attention.

M. le Dr Lassis lit un écrit intitulé : *Note relative aux causes des maladies épidémiques, aux moyens que l'on*

prétend leur opposer, et à quelques autres points de médecine également importans.

M. Vauquelin fait un rapport qu'on trouvera ci-après, sur l'analyse que M. Laugier a faite de trois minéraux recueillis à Ceylan et à la côte de Coromandel, par M. Leschenault de La Tour.

M. Marcel de Serres lit un Mémoire que nous ferons connaître quand les commissaires l'auront examiné, *sur les terrains d'eau douce découverts récemment dans les environs de Cette, à très-peu de distance de la Méditerranée, et inférieurs au niveau de cette mer.*

M. de Bonnard lit un Mémoire de Géologie *relatif aux plaines de l'Auxois.*

Séance du lundi 18 *octobre.*

M. Laugier lit un Mémoire intitulé : *Examen chimique du fer oxidé (résinite d'Haüy) trouvé aux environs de Freiberg.*

M. Becquerel lit un Mémoire *sur les Effets électro-dynamiques produits pendant la décomposition de l'eau oxigénée par divers corps, et sur d'autres phénomènes dus à l'électricité en mouvement.*

M. Brunel de Varenne communique une nouvelle méthode de dessin.

M. Benoiston de Châteauneuf adresse une Note concernant l'ouvrage de M. Casper qui est relatif à l'influence qu'a eue la vaccine sur la population des Etats prussiens.

M. Gaymard lit des Observations sur quelques mol-

lusques et zoophites considérés comme cause de la phosphorescence de la mer.

Séance du mardi 26 octobre.

M. Gazil annonce qu'il desire soumettre au jugement de l'Académie un procédé de son invention qui a pour objet la désalaison de l'eau de mer.

M. Guion-Desmoulins annonce qu'il a découvert une liqueur propre à nettoyer les marbres sans en altérer les formes : il demande des commissaires.

M. Durand, de Cherbourg, adresse un Mémoire intitulé : *Note sur la Formation de l'acide muriatique au moyen de l'acide nitrique et du charbon.*

M. Moreau de Jonnès lit une Note statistique *sur la Propagation et les effets d'une maladie qui a été observée dans divers pays, et à laquelle on a donné le nom de* varioloïde.

L'Académie charge M. Desfontaines de porter à M. Thouïn, qui est gravement malade, les sentimens et les vœux de tous ses collègues.

La Section de Minéralogie déclare qu'elle s'est réunie et que son avis est qu'il y a lieu à procéder au remplacement de M. Sage. L'Académie délibère au scrutin et décide qu'il sera procédé à l'election.

M. Maurice rend un compte verbal d'un ouvrage de M. Guillaume-Libri sur divers points d'analyse.

M. Duméril fait un rapport verbal sur le *Traité zoologique et physiologique des vers intestinaux de l'homme*; par M. Bremser.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire présente une planche lithographique qui a pour titre : *Détermination des pièces*

craniennes des poissons; composition de la tête osseuse chez l'homme et chez les animaux. Ces pièces, parafées, seront déposées au Secrétariat.

M. Dupetit-Thouars lit une Note *sur quelques particularités présentées par les cotylédons et les racines.*

M. Serullas donne lecture d'un Mémoire *sur l'amalgame de potassium et sur l'électricité développée dans son contact avec l'eau.*

Rapport *sur un Mémoire de M.* Laugier, *par MM.* Gay-Lussac *et* Vauquelin.

L'Académie nous a chargés d'examiner un Mémoire de M. Laugier, professeur au Jardin du Roi, ayant pour objet l'analyse de trois minéraux recueillis par M. Leschenault de La Tour à Ceylan et à la Côte de Coromandel.

Souvent les minéraux ne présentent pas de caractères physiques assez évidens pour que les minéralogistes puissent en reconnaître la nature, et les ranger dans l'ordre systématique auquel ils appartiennent. Dans ce cas, il faut recourir à la composition chimique, et alors l'analyse devient indispensable. Tel est l'état où se trouvent les minéraux remis à M. Laugier, auxquels cependant on avait déjà donné des noms qui pouvaient faire croire qu'ils étaient nouveaux.

En général, il serait prudent de ne nommer et de ne classer les minéraux qu'après l'analyse; car les caractères extérieurs se modifient de tant de manières,

qu'il est aisé de faire des méprises, dont nous pourrions citer ici plusieurs exemples.

La pierre de Bombey, côte de Coromandel, qui fait le sujet de la première analyse de M. Laugier, et que M. de Bournon à nommée *bombite*, montre de l'analogie, par sa couleur et sa cassure, avec la pierre de touche. Il a trouvé qu'elle était composée de silice qui en fait la base, de protoxide de fer, d'alumine, de magnésie, d'une petite quantité de chaux, de charbon et d'une trace de soufre.

Tels sont aussi les résultats obtenus par l'un de nous de l'analyse d'une vraie pierre de touche. Ainsi il n'est pas douteux que le minéral n'appartienne à cette espèce de roche. M. Laugier pense avec raison que plusieurs des matières qui existent dans cette pierre y sont à l'état de mélange; cependant il se pourrait que la silice, l'alumine, la chaux et la magnésie formassent une ou plusieurs combinaisons intimes. Il a constaté, par des expériences qui paraissent ne rien laisser à desirer, que le charbon est uni à une proportion de fer métallique, propre à le mettre à l'état d'anthracite ou crayon noir.

La seconde sorte de minéral analysée par M. Laugier et qui a été trouvée à Candie, district de Ceylan, a une couleur foncée, une pesanteur de 3,7, raie le quartz, est infusible au chalumeau.

Les parties du minéral sont tellement serrées qu'il résiste avec beaucoup de force à la plupart des agens qu'on emploie ordinairement avec succès pour décomposer les pierres les plus dures. La potasse caustique, le carbonate de soude, le nitrate de baryte, agens très-

puissans, ne l'attaquent qu'incomplètement. Il a fallu plus de 1200 parties de potasse employées en quatre traitemens pour parvenir à le fondre entièrement.

Ses élémens, une fois séparés par l'alcali, peuvent ensuite se dissoudre dans les acides, et alors on peut les obtenir à part par les moyens ordinaires.

Voici les substances que M. Laugier y a trouvées : alumine 65, oxide de fer 16 $\frac{1}{2}$, magnésie 13, silice 2, chaux 2, et manganèse une trace.

A l'occasion de cette analyse, M. Laugier s'est rappelé celle que M. Descostils avait faite, il y a environ une vingtaine d'années, d'une pierre connue alors sous le nom de *ceylanite*, et que M. Haüy a réunie depuis à l'espèce spinelle, et il a trouvé entre les résultats de ce chimiste et les siens une coïncidence parfaite : la pierre qu'il a analysée devra donc être aussi réunie au genre spinelle.

Le troisième minéral examiné par M. Laugier a été trouvé sur la côte de Coromandel; c'est celui qui mérite le plus d'intérêt, à cause de sa composition compliquée, et de la réunion de deux métaux rares et qu'on n'a point encore jusqu'ici rencontrés ensemble. Ce minéral est, en masse irrégulière, d'un brun noirâtre, à cassure conchoïde vitreuse, d'une dureté à-peu-près égale à celle de la gadolinite, avec laquelle il a quelque analogie, mais dont il diffère par le boursoufflement qu'il éprouve au feu. Il ne perd qu'un centième et $\frac{1}{4}$ par l'action du feu, quoiqu'il contienne environ un dixième de son poids d'eau : l'on verra plus bas à quoi cela est dû.

Il est attaqué par les acides et par les alcalis;

ainsi on a l'option entre ces deux moyens pour en faire l'analyse. Cependant M. Laugier a cru devoir les employer tous les deux concurremment, l'un pouvant servir de contrôle à l'autre et réciproquement. Nous ne suivrons pas l'auteur dans le détail des opérations nombreuses qu'il a été obligé de faire pour reconnaître et séparer, les unes des autres, les huit substances que contient le minéral dont il s'agit ; ce qui a demandé beaucoup de temps et d'habilité.

Il suffira à l'Académie de savoir qu'on a trouvé dans cette pierre, 1°. 36 parties d'oxide de cérium ; 2°. 19 d'oxide de fer ; 3°. 8 de chaux ; 4°. 6 d'alumine ; 5°. 11 d'eau ; 6°. 1,2 d'oxide de manganèse ; 7°. 19 de silice ; 8°. 8 d'oxide de titane. En réunissant ces différentes quantités, on trouve 109,55 c., et cependant on n'avait employé que 100 parties de minéral ; c'est que le cérium qui s'y trouve à l'état de protoxide a, pendant le cours du traitement, absorbé une nouvelle quantité d'oxigène pour passer à l'état de peroxide ; et telle est aussi la raison pour laquelle le minéral a si peu perdu de son poids par la calcination.

M. Laugier remarque que ce minéral a de l'analogie, par sa composition, avec les substances que MM. Berzelius et Hisinger ont désignées sous les noms d'*orthite*, d'*allanite* et de *cérine* ; qu'il se rapproche aussi de l'orthite, surtout par ses caractères physiques, mais qu'il en diffère par la présence du titane. L'on pourra donc regarder ce minéral comme une variété nouvelle de cérite titanifère.

Nous pensons que le travail de M. Laugier mérite

l'approbation de l'Académie, et qu'il est utile, pour l'intérêt de la chimie et de la minéralogie, qu'il soit publié.

Paris, le 11 octobre 1824.

Sur *le Chica, matière colorante que les Indiens du Rio Meta* (1) *et de l'Orénoque emploient pour se peindre le corps en rouge.*

Par Mr J.-B. Boussingault.

Toute la race américaine a la coutume de se peindre la peau, et l'on trouve aussi chez cette même race une prédilection marquée pour la couleur rouge. Les Indiens qui habitent les bords de l'Orénoque et de ses affluens emploient, à cet effet, deux espèces de matières colorantes, l'une appelée *Onoto*, l'autre désignée presque générale-

---

(1) Les dernières lettres de Santa-Fe de Bogota, annoncent que MM. Boussingault, Rivero et Roulin ont fait un voyage très-intéressant au Rio Meta, un des affluens de l'Orénoque, dont le cours n'avait point encore été déterminé par des observations astronomiques. Ces savans ont recueilli, pendant ce voyage pénible, beaucoup de matériaux utiles à la connaissance géographique et physique du pays; mais les fatigues auxquelles ils ont été exposés, et le climat ardent qui règne au pied de la Cordillère orientale de Cundinamarca ont manqué de devenir funestes à leur santé. « En publiant mon travail sur le *Chica*, écrit M. Boussingault à M. de Humboldt, vous n'oublierez pas de dire que c'est le travail d'un convalescent. »

ment par le nom de *Chica*. La première est due au *Bixa Orellana,* la seconde, que MM. de Humboldt et Bonpland ont fait connaître en Europe (1), se retire des feuilles d'une plante de la famille des *Bignoniacées*. Le *Bignonia Chica* (2) a des feuilles d'un beau vert, qui deviennent rougeâtres par la dessiccation; lorsqu'on les mâche, elles communiquent une couleur rouge à la salive. Les Indiens, pour extraire la matière colorante des feuilles du *Bignonia Chica*, les font bouillir longtemps dans l'eau : après l'ébullition, ils passent la liqueur qui tient en suspension la fécule rouge, et y ajoutent quelques morceaux de l'écorce d'un arbre qui est très-commun dans les *Llanos* ou savannes du Meta, et que l'on désigne par le nom d'*Arayane*. Sans cette addition, la précipitation serait longue et imparfaite. La fécule rouge est lavée avec soin; puis, avant de la sécher, on la met en gâteaux ronds de 5 à 6 pouces de diamètre sur 2 ou 3 de hauteur. C'est sous cette forme qu'on la rencontre dans le commerce. Le *Chica* est rouge de cinabre, sans saveur, sans odeur et plus pesant que l'eau. On peut comparer la fécule du *Chica* à un morceau d'indigo; il n'en diffère que par la couleur. Comme l'indigo, le *Chica* tache les doigts et prend un poli métallique par le frottement

Soumis à l'action de la chaleur, le *Chica* se décompose sans se fondre et sans répandre l'odeur propre aux

---

(1) Humb. et Bonpl. *Voyage aux Régions équin.*, t. II, p. 259. (*Voyez* la note à la fin de ce Mémoire.)

(2) Humb. et Bonpl. *Plantae aequin.*, t. I.

substances azotées. Il reste, après la calcination, un charbon pulvérulent : ce charbon incinéré laisse un résidu terreux qui quelquefois s'élève au tiers de la matière rouge calcinée. L'eau ne dissout pas le *Chica* ; on en a fait bouillir dans ce liquide pendant deux heures ; après l'ébullition, le *Chica* n'avait rien perdu de ses propriétés. L'eau avait seulement acquis une légère teinte fauve, et elle se troublait par le sous-acétate de plomb. La couleur fauve provenait probablement d'une matière extractive contenue dans les gâteaux de *Chica*.

L'alcool à 36°, mis en digestion sur le *Chica* du commerce, s'est promptement coloré en un beau rouge rubis ; à chaud, il sembla prendre une plus grande portion de matière colorante. La dissolution faite à chaud ne précipite pas par le refroidissement ; il reste un résidu insoluble, composé en grande partie de matière terreuse et de quelques débris végétaux. Par l'évaporation spontanée de la dissolution alcoolique, on obtint la substance rouge à l'état solide ; elle adhérait légèrement à la capsule qui renfermait le liquide alcoolique. La couleur du *Chica*, préparée par cette méthode, était un peu plus brune que la couleur du *Chica* du commerce. Son aspect offrait faiblement l'éclat lustré ; mais en divisant la fécule, elle prit l'apparence du *Chica* commun. On ne réussit pas à l'obtenir cristallisée. Le chlore liquide décolore subitement le *Chica* dissous dans l'alcool : le résidu obtenu par l'évaporation de la dissolution alcoolique s'est entièrement dissous dans l'éther sulfurique. L'éther avait alors une belle couleur jaune-orange ; par la vaporisation, il laissa la matière rouge sous forme d'une poudre très-divisée.

Quoique le *Chica* soit insoluble dans l'eau, sa teinture alcoolique présente un fait singulier : elle ne précipite pas par ce liquide, quelle qu'en soit la quantité ; mais si l'on chauffe une dissolution alcoolique de *Chica*, ainsi étendue, la matière rouge se dépose. La même chose arrive en l'exposant quelques jours à l'air libre ; dans les deux cas, la précipitation est due à la vaporisation de l'alcool.

Le *Chica* pur, c'est-à-dire, la fécule obtenue par l'alcool, s'est dissous avec beaucoup de facilité dans la potasse caustique : le *Chica* du commerce a laissé un résidu semblable à celui qu'on obtient en employant l'alcool. Les dissolutions alcalines, fraîchement préparées, ont une couleur lie de vin. Saturées peu de temps après leur préparation, elles ont abandonné la fécule rouge sans altération remarquable ; mais si on n'opère cette saturation qu'après plusieurs jours, le *Chica* précipite plus difficilement et paraît un peu altéré.

Le carbonate de potasse a présenté les mêmes phénomènes que l'alcali caustique. L'eau de chaux agitée avec le *Chica* en poudre prend une légère teinte rose.

L'ammoniaque dissout facilement le *Chica* ; comme la potasse, il l'altère un peu. La dissolution ammoniacale, qui au moment de sa préparation avait une couleur jaune-orange, devint jaune foncé. Après quelque temps et par l'évaporation spontanée de l'alcali, on obtient un résidu jaune de bistre.

L'acide acétique (vinaigre de bois) versé sur le *Chica* prit une couleur jaune foncé ; abandonné à lui-même, il déposa une portion de la fécule qui était d'un beau rouge carmin.

L'acide hydrochlorique dissout le *Chica*; la dissolution est jaune. Pour examiner l'action de l'acide sulfurique, on mit une certaine quantité de *Chica* dans une capsule de porcelaine; on y versa assez d'acide à 66° pour former une pâte liquide. Le mélange devint noirâtre; on n'observa pas l'odeur d'acide sulfureux; mais après vingt-quatre heures on ajouta un peu d'eau et on laissa déposer. L'acide étendu avait une très-belle couleur jaune d'or; les alcalis lui donnaient une teinte rouge de vin, mais une nouvelle addition d'acide ramenait la couleur jaune. Il fallait saturer exactement la dissolution acide pour en précipiter le *Chica*. La portion non dissoute, dont la couleur avait passé au brun noir, reprit, après quelques jours de contact avec l'eau, sa couleur primitive, probablement en s'emparant de l'eau que l'acide lui avait enlevée.

On traita le *Chica* en poudre par six fois son poids d'acide nitrique; l'action de cet acide fut très-vive et il se dégagea beaucoup de gaz nitreux. Lorsque l'effervescence eut cessé, on ajouta un peu d'eau, et l'on sépara la partie liquide d'une matière jaune solide dans laquelle on remarquait une substance blanche et grenue. La liqueur fut évaporée à moitié de son volume, elle déposa par le refroidissement une poudre blanche et cristalline; cette poudre, séparée et examinée avec soin, possédait les propriétés suivantes : elle n'avait pas de saveur et se dissolvait à peine dans l'eau bouillante; cette dissolution précipitait par le nitrate de baryte et par l'acide oxalique; chauffée au chalumeau sur une feuille de platine, elle resta sans altération. On doit donc considérer cette poudre comme du sulfate de chaux.

La liqueur dans laquelle s'était déposé le sulfate calcaire était acide et avait une odeur d'amandes amères très-prononcée. Sa couleur était jaune foncé ; elle précipitait par l'eau de chaux, elle troublait l'eau chargée de sulfate de chaux, et en y versant quelques gouttes de potasse, on obtint des cristaux de sel d'oseille. On peut donc admettre que l'acide nitrique convertit le *Chica* en acide oxalique et en matière jaune amère.

En chauffant le *Chica* avec de l'huile essentielle de térébenthine, il semblait s'y dissoudre en grande proportion ; cependant, après le refroidissement, l'huile se trouvait à peine colorée. L'huile d'olive broyée avec la fécule rouge parut aussi en dissoudre ; mais, après deux jours de repos, l'huile surnageant le *Chica* était entièrement incolore. Le même phénomène se présente avec les huiles de pied-de-bœuf et de Palma-Christi.

Quoiqu'insoluble dans les huiles grasses, le *Chica* peut se mêler très-intimement avec elles ; la fécule acquiert par ce mélange une belle couleur de laque carminée. C'est avec un semblable mélange que les Indiens se teignent le corps : les matières grasses qu'ils emploient sont la graisse de caïman (*Crocodilus acutus*) et l'huile d'œufs de tortue.

Il résulte de l'ensemble de ces expériences que le *Chica* possède des propriétés qui le distinguent des autres principes végétaux, et quoique cette fécule paraisse se rapprocher des substances résineuses, on ne peut cependant pas la confondre avec elles. La fusibilité est un caractère général des résines. Le *Chica* se décompose sans se fondre. Les résines dissoutes dans

l'acide sulfurique ou dans l'alcool sont précipitées par l'eau; cette précipitation ne s'observe pas dans les dissolutions du *Chica* : l'ammoniaque, qui est sans action sur la résine, est un bon dissolvant de la fécule rouge du *Bignonia Chica*.

Si les expériences faites sur le *Chica* permettent de le considérer comme une matière végétale particulière, on pourra lui conserver son nom américain, qui est adopté par des nations dont les idiomes n'ont entre eux aucun rapport. A Iraca, nous l'avons entendu prononcer aux Otomas, aux Omoas et aux Corejuales; à Giramena (*embarcadero del Rio Meta*), aux Achaguas et aux Amarizanos; au *Pueblo de Meta*, aux Indiens yaruros. Il paraît cependant qu'à l'Orénoque, le commerce de la fécule rouge n'a pas également généralisé la dénomination du *Chica*; car, d'après M. de Humboldt, les Tamanaques appellent cette sublance *Craviri*, les Maypures *Chiraviri*.

On a déjà commencé à employer le *Chica* en teinture; fixé sur le coton, il donne au tissu une couleur jaune-orange. Il est à desirer que cette matière colorante s'introduise dans nos ateliers d'Europe, où l'on ne manquera pas d'en faire un emploi avantageux.

Bogota, 1er juin 1824.

MM. de Humboldt et Bonpland ont apporté de l'Orénoque en France plusieurs gâteaux de *Chica*, dont M. Merimée à reconnu, par des expériences multipliées, l'emploi utile dans les arts. Nous ajoutons à la fin du Mémoire de M. Boussingault les observa-

tions que M. de Humboldt a consignées dans son *Voyage aux Régions équinoxiales du Nouveau Continent.*

« Le *Bignonia Chica* grimpe sur les arbres les plus élevés et s'y attache à l'aide de vrilles. Ses fleurs bi-labiées ont un pouce de long : elles sont d'un beau violet et disposées deux par deux, ou trois par trois. Les feuilles bi-pennées deviennent rougeâtres par dessiccation. Le fruit est une silique remplie de graines ailées : elle a deux pieds de longueur. Cette Bignone croît spontanément et en grande abondance près de Maypures, et en remontant l'Orénoque au-delà de l'embouchure du Guaviare, depuis Santa Barbara jusqu'à la haute montagne du Duida, surtout près de l'Esmeralda. Nous l'avons également trouvée sur les bords du Cassiquiare. Le pigment rouge du *Chica* n'est pas tiré du fruit, comme l'*Onoto*, mais des feuilles macérées dans l'eau. La matière colorante se sépare sous la forme d'une poudre extrêmement légère. On la réunit, sans la mêler avec de l'huile de tortue, en petits pains de 8 à 9 pouces de long et de 2 à 3 de haut, arrondis sur les bords. Chauffés, ces pains répandent une odeur agéable de benjoin. Lorsqu'on soumet le *Chica* à la distillation, il ne donne pas de traces sensibles d'ammoniaque. Ce n'est point une substance azotée comme l'indigo. Elle se dissout légèrement dans les acides sulfurique et muriatique, et même dans les alcalis. Broyé avec de l'huile, le *Chica* offre une couleur rouge qui a une nuance de lacque. Appliquée sur la laine, cette couleur pourrait se confondre avec le rouge de la garance. Il n'est pas douteux que le *Chica*, inconnu en Europe avant

notre voyage, ne puisse être employé utilement dans les arts. Les nations de l'Orénoque qui préparent le mieux ce pigment, sont les Salivas, les Guipunaves (1), les Caveres et les Piraoas. Les procédés d'infusion et de macération sont en général très-communs parmi tous les peuples de l'Orénoque. C'est ainsi que les Maypures font leur commerce d'échange avec de petits pains de *Puruma*, qui sont une fécule végétale desséchée à la manière de l'indigo, et donnant une couleur jaune très-fixe. La chimie du sauvage se réduit à la préparation des pigmens, à celles des poisons et à la dulcification des racines amylacées que fournissent les Aroïdées et les Euphorbiacées. »

Sur *les Sulfates de Cinchonine et de Quinine.*

Par M. Baup.

Sulfates de Cinchonine.

MM. Pelletier et Caventou, dans leurs *Recherches chimiques sur les quinquinas* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xv), après avoir décrit les principales propriétés du sulfate de cinchonine, ajoutent (page 299) : « L'acide sulfurique ne paraît pas former avec la cinchonine de sur-sel ; les cristaux obtenus d'une solution de cinchonine dans un excès d'acide sulfurique

---

(1) Ou Guaypuñaves. Eux-mêmes s'appellent *Uipunavi.*

ne différaient pas sensiblement de ceux obtenus d'une solution neutre; ils pouvaient d'ailleurs être dépouillés de leur excès d'acide par des cristallisations subséquentes. » Cette assertion m'avait, dans le temps, détourné de rechercher si la cinchonine ne pouvait pas, aussi bien que la quinine, former un sur-sel avec l'acide sulfurique; néanmoins plus tard je crus devoir faire quelques essais pour éclaircir les doutes que je conservais à ce sujet. L'expérience me prouva bientôt qu'il peut aussi exister un sur-sulfate de cinchonine, et que sa composition n'est pas moins constante que celle du sur-sulfate de quinine : ni les lavages ni les cristallisations réitérées ne peuvent en opérer la décomposition, ou enlever à ces sulfates l'excès d'acide qui les constitue sur-sels. Il est peut-être superflu d'ajouter que, vu le peu de capacité de saturation de ces bases, les sur-sels qui en résultent doivent passer facilement, du moins en partie, à l'état de sulfates neutres, si on les laisse exposés dans des laboratoires aux vapeurs ammoniacales, ou si pour les dissoudre on emploie de l'eau contenant des carbonates terreux.

Je vais indiquer les principales propriétés du sur-sulfate de cinchonine, puis je ferai quelque remarques sur le sulfate neutre et sur l'analyse de ces sels.

Sur-sulfate de cinchonine. En ajoutant de l'acide sulfurique au sulfate neutre de cinchonine, et évaporant la dissolution jusqu'à formation d'une légère pellicule, on obtient, au bout de quelque temps, le sur-sulfate cristallisé. Si le sulfate qu'on emploie à cet effet n'est pas très-pur, ou si l'acide a été ajouté en trop grande quantité, le sel se déposera lentement

et en cristaux petits ou peu consistans : pour les obtenir plus volumineux et très-purs, on devra procéder à de nouvelles cristallisations. Si tout le sel déposé à la première cristallisation ne se dissolvait pas dans environ son poids d'eau froide, ce serait une preuve qu'il contiendrait du sulfate neutre, et il faudrait ajouter encore un peu d'acide.

Le sur-sulfate de cinchonine bien pur est absolument incolore. Il est inaltérable à l'air, à la température ordinaire; mais lorsqu'elle est un peu élevée ou si l'air est bien sec, il devient légèrement opaque. Il s'effleurit bien plus promptement que le sur-sulfate de quinine lorsqu'on l'expose à une légère chaleur.

Il cristallise en octaèdres rhomboïdaux, que je n'ai jamais vus que segminiformes ou coupés par un plan parallèle à deux de ses faces opposées. Ces cristaux ont souvent quelques arêtes et quelques angles solides remplacés par des facettes; ils se laissent très-facilement cliver perpendiculairement au grand axe en tranches nettes et brillantes.

Ce sel est soluble dans un peu moins de la moitié de son poids d'eau (dans 0,46 de partie) à 14° th. C. Il se dissout dans un peu moins de son poids (0,9) d'alcool de la densité de 0,85 à 14° c.; et dans un poids égal d'alcool absolu à la même température : l'éther sulfurique ne le dissout pas.

Sulfate neutre de cinchonine. Les cristaux de ce sulfate neutre m'ont paru être des prismes rhomboïdaux de 83° et 97°; ces cristaux, ordinairement très-courts, sont terminés par une troncature ou par un biseau; quelquefois on remarque encore à leur sommet une

troisième facette triangulaire, remplaçant un des angles solides obtus du prisme. Souvent ces prismes sont irréguliers et ne conservent plus que deux angles égaux à ceux indiqués; d'autres fois enfin ils sont très-comprimés et ont à leur sommet un angle rentrant : dans ce cas, les cristaux sont doubles. Le clivage a lieu parallèlement aux pans des prismes.

Ce sel est soluble dans $6\frac{1}{2}$ parties d'alcool de la densité de 0,85 à 13° c. et dans $11\frac{1}{2}$ parties d'alcool absolu à la même température. Il se dissout encore dans environ 54 parties d'eau à la température ordinaire.

Composition des sulfates de cinchonine. Les auteurs du Mémoire cité ne se sont point occupés de déterminer la composition du sulfate neutre cristallisé ; ils ont seulement recherché quelle était la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour saturer une quantité donnée de cinchonine. Ils ont trouvé que 100 parties de cette base salifiable se combinaient avec 13,021 parties d'acide sulfurique, et qu'en conséquence le poids de l'atome devait être de 38,488.

Il est inutile que j'entre dans beaucoup de détails sur les analyses que j'ai faites de ces sels, je me bornerai à donner pour exemple de la manière dont j'ai opéré, celle de sulfate neutre de cinchonine.

Pour estimer la quantité d'eau de cristallisation de ce sulfate, j'en ai desséché des quantités différentes dans une étuve à lampe d'Argand, à la température d'environ 120° c., jusqu'à ce qu'il n'y eut plus de diminution dans le poids. Dans une expérience, 0,937 gr. de sel cristallisé perdirent 0,044 gr. ou 4,69 pour cent; dans

une autre, 1,741 gr. perdirent 0,081 gr. ou 4,65 pour cent; ce qui donne par la moyenne 4,67 d'eau de cristallisation pour cent de sulfate neutre cristallisé. Il n'est pas aussi facile de déterminer la proportion de l'eau de cristallisation des sur-sulfates de cinchonine et de quinine; il est impossible de l'estimer exactement par ce moyen, parce que l'excès d'acide de ces sels en retient les dernières portions avec une si grande énergie, qu'il n'est pas possible de la chasser complètement; il est d'ailleurs très-difficile de prendre le poids de ces sur-sels lorsqu'ils ont été desséchés par la chaleur, car ils attirent alors l'humidité de l'air si promptement qu'ils font trébucher la balance avant même d'être refroidis.

Pour la détermination de l'acide sulfurique, chacune des doses ci-dessus a été dissoute séparément dans de l'eau aiguisée d'acide acétique afin d'en favoriser la solution. On a précipité par l'hydrochlorate de baryte et enlevé avec soin la liqueur limpide surnageante; on a lavé plusieurs fois le précipité de sulfate de baryte en faisant usage de nitrate d'ammoniaque pour éclaircir le liquide; le dépôt séché a ensuite été rougi dans le creuset même où la précipitation avait été opérée. Les 0,937 gr. de la première expérience donnèrent 0,296 gr. de sulfate de baryte, et les 1,741 gr. de la seconde 0,552 gr., qui représentent 10,89 et 10,93 ou moyenne = 10,91 d'acide sulfurique pour cent de sulfate neutre de cinchonine cristallisé, en adoptant pour la composition du sulfate de baryte le nombre proportionnel 14,5 (ac. 5 + bar. 9,5).

Quoique l'ammoniaque précipite bien la cinchonine de ses dissolutions (moyen qui me paraît très-bon pour

se procurer la cinchonine et la quinine pures), j'ai préféré, tant à cause de la difficulté d'en prendre exactement le poids qu'à cause de sa légère solubilité dans l'eau, en estimer la quantité, dans ce cas-ci, par la simple soustraction. On trouve ainsi que 100 parties de sulfate neutre cristallisé contiennent 84,82 parties de cinchonine (car $4,67 + 10,91 + 84,42 = 100$), et le poids de l'atome de cette base sera en conséquence $= 38,689$, nombre peu éloigné de celui qu'ont trouvé MM. Pelletier et Caventou ($= 38,488$).

D'après des considérations tirées de la composition même de la cinchonine, et sur lesquelles je me propose de revenir une autre fois, j'adopterai le nombre rond 39 comme le véritable équivalent de cette base, l'oxigène étant représenté par l'unité; et le résultat de mes expériences, d'accord avec la théorie atomistique, m'autorise à regarder les sulfates de cinchonine comme constitués de la manière suivante :

		Sulfate neutre cristallisé.		Sec.	
1	at. cinch.	= 39	84,324	88,636	100
1	ac. sulf.	= 5	10,811	11,364	12,820
2	eau	= 2,25	4,865	100,000	
			100,000		

		Sur-sulfate cristallisé.		Sec.	
1	at. cinch.	= 39	67,241	79,592	100
2	ac. sulf.	= 10	17,241	20,408	23,641
8	eau	= 9	15,518	100,000	
			100,000		

Sulfates de quinine.

Nous avions trouvé, M. Robiquet et moi, chacun de notre côté, que la quinine pouvait former avec l'acide

sulfurique un sulfate *acide*. La *Notice sur le sulfate de quinine*, que M. Robiquet publia (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XVII, p. 316), n'avait, avec ma *Note* sur le même sujet (voyez *Journal de Pharmacie*, t. VII, p. 402), à-peu-près que cela de rapport. Ce chimiste y considérait comme un sous-sel le sulfate de quinine, connu jusqu'alors; il admettait une identité des formes cristallines du sur-sulfate de quinine et du sulfate de cinchonine; enfin, nos analyses ne s'accordaient pas davantage entre elles. A l'occasion de mes essais sur les sulfates de cinchonine, j'ai revu plusieurs des observations de ma Note sans avoir pu tomber plus d'accord avec l'auteur de la Notice; je crois en conséquence devoir réunir ici, à celles de mes anciennes observations qui n'ont point paru ailleurs, celles que j'ai eu occasion de faire depuis sur le même sujet; elles pourront contribuer, je pense, à faire mieux connaître ces sels si précieux pour l'art de guérir.

Sulfate neutre de quinine. Ce sel s'effleurit promptement à l'air; l'eau qui disparait par l'efflorescence forme exactement les trois quarts, et celle qui reste combinée dans le sel effleuri le quart de la quantité totale de son eau de cristallisation. Il est soluble dans 740 parties d'eau à 13° c. et dans environ 30 parties à 100° c. L'alcool de la densité de 0,85 n'en dissout qu'environ $\frac{1}{60}$ à la température ordinaire; bouillant, il le dissout en beaucoup plus grande proportion.

Sur-Sulfate de quinine. Lorsqu'il est bien pur, ce sel est tout-à-fait incolore. Il est inaltérable à l'air, à la température ordinaire.

Il cristallise en prismes quadrangulaires rectangles, qui

sont tantôt comprimés, tantôt à base carrée ; ils sont terminés par une troncature, ou par deux, trois ou quatre facettes qui naissent chacune sur les faces du prisme. Le clivage est net et facile parallèlement aux pans des prismes. Ce sel cristallise ordinairement en petits prismes aiguillés par le refroidissement : pour en obtenir des cristaux un peu volumineux, il faut exposer une solution concentrée de ce sel dans un lieu où la température de l'air ambiant soit un peu élevée.

Le sur-sulfate de quinine est soluble dans 11 parties d'eau à 13° c., et dans 8 parties seulement à 22° c. ; à 100° c, il se fond dans son eau de cristallisation. Il est beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid dans l'alcool faible, ainsi que dans l'alcool absolu ; les cristaux qui se forment dans ce dernier liquide tombent en poudre aussitôt qu'ils sont exposés à l'air.

Composition des sulfates de quinine. Le sulfate neutre de quinine employé pour mes essais avait été obtenu du sur-sulfate bien pur au moyen du sous-carbonate de baryte et cristallisé une seconde fois (1).

Pour déterminer l'eau de cristallisation de ce sel, j'en exposai encore mouillé sur du papier à filtrer, dans un lieu frais et humide, jusqu'à ce qu'il fût bien essuyé. Je le pesai alors promptement et l'exposai à l'air libre pendant plusieurs jours; la température était d'environ

(1) J'avais substitué, par distraction, dans ma précédente Note, à l'hydrate du sulfate neutre la composition d'un hydrate qui avait été calculée par erreur sur la moitié d'une dose de sel ; je rétablis en son lieu la véritable composition de cet hydrate.

20° c. Au bout de vingt-quatre heures, le sel était déjà complètement effleuri et ne perdit plus rien par une exposition prolongée à l'air. Il fut alors desséché à l'étuve, où il abandonna encore une quantité d'eau formant exactement le tiers de celle enlevée par l'efflorescence, ou le quart de la quantité totale de son eau de cristallisation. L'exposition à l'air libre rendit à ce sel exactement la même quantité d'eau que celle qu'il avait perdue à l'étuve. Cette expérience, répétée plus d'une fois, m'autorise à conclure que l'eau d'efflorescence de ce sel est en proportion constante et bien déterminée.

MM. Pelletier et Caventou, qui ont trouvé (*Recherches chimiques, etc.*) que 100 parties de quinine pouvaient être saturées par 10,904 parties d'acide sulfurique, ont admis en conséquence, pour le poids de l'atome de cette base, le nombre 45,906. M. Robiquet a trouvé, de son côté, que 100 parties de sulfate acide contenaient 63,5 de quinine et 19,1 d'acide; qu'un sous-sulfate de première cristallisation contenait 79 de base et 11,3 d'acide; enfin, qu'une même variété de sel, mais de troisième cristallisation, contenait 80,9 de quinine sur 100 parties de sel. Dans le premier cas, 100 parties de quinine auraient été combinées à 30,0 parties d'acide sulfurique; dans le second, à 14,3, et dans le troisième à 12,3. Si c'est l'eau qui doit former le complément des 100 parties de sel, ce que je suppose, elle a été estimée trop bas. Le procédé qui a été suivi par l'auteur de ces analyses pour l'estimation de la quinine ne me paraît pas susceptible d'exactitude : il consiste à précipiter par de la potasse caustique, à faire bouillir

le mélange, etc. : la précipitation à froid par un léger excès d'ammoniaque peut donner des résultats bien plus rapprochés de la vérité.

Dans ma précédente Note, j'avais déjà adopté, pour le poids de l'atome de la quinine, le nombre rond 45, comme plus rapproché du résultat de mes expériences que celui adopté par MM. Pelletier et Caventou; maintenant j'adopte avec plus de confiance encore ce même nombre 45, parce qu'il résulte aussi de considérations pareilles à celles qui m'ont décidé pour le poids de l'atome de la cinchonine.

La composition des sulfates de quinine donnée par l'expérience concordant à souhait avec celle que donne la théorie, je n'hésite pas à présenter la dernière comme l'expression plus exacte de leur nature.

			Sur-sulfate cristallisé.	Sec.	
1 at.	quinine	= 45	61,644	81,819	100
2	ac. sulf.	= 10	13,698	18,181	22,222
16	eau	= 18	24,658	100,000	
			100,000		

			Sulfate neutre cristallisé.	Sec.	
1 at.	quinine	= 45	76,272	90,000	100
1	ac. sulf.	= 5	8,474	10,000	11,111
8	eau	= 9	15,254	100,000	
			100,000		

Sulfate neutre effleuri.

1 at.	quinine	= 45	86,12
1	ac. sulf.	= 5	9,57
2	eau	= 2,25	4,31
			100,00

ou

100 sulf. sec, 18 eau } = sulfate neutre cristallisé.

100 sulf. sec, 4,5 eau } = sulfate neutre effleuri.

On voit facilement, par l'inspection des tableaux qui précèdent, que la quantité acide des sur-sulfates de cinchonine et de quinine est le double de celles des sulfates neutres de ces bases, et que celle de l'eau de cristallisation du sur-sulfate de quinine est aussi le double, tandis que celle du sur-sulfate de cinchonine est le quadruple de celles contenues dans ces sulfates neutres, etc.

Je ferai encore remarquer qu'il ne doit pas être égal d'employer indifféremment en médecine, à la même dose du sulfate neutre de quinine qui aura été bien renfermé, après avoir été seulement essayé, dans un lieu frais et humide (dans une cave, par exemple), ou ce sulfate conservé dans un vase fermant mal, ou enfin exposé à l'air libre. Dans le premier cas, le sel pourrait ne contenir que 76 pour cent de quinine, tandis que dans le second il pourrait en contenir jusqu'à 86 pour cent. Je pense donc qu'il serait mieux de n'employer pour l'usage médical que le sulfate neutre *effleuri*, dont la composition est invariable.

NOIR *pour la chaussure.*

PAR M. BRACONNOT.

L'EXAMEN des choses les plus communes pouvant quelquefois offrir des résultats utiles, je n'ai pas dédaigné d'examiner plusieurs échantillons de cirage anglais qui m'ont été remis par un bottier intelligent, et qu'il regardait comme étant d'une qualité supérieure à tous

ceux qu'on fabrique ordinairement. J'ai reconnu que, comme ces derniers, ils étaient formés à-peu-près des mêmes ingrédiens, mais dans des proportions différentes ; ils contenaient en effet du noir d'os ou d'ivoire, de l'acide phosphorique, et quelquefois même de l'acide sulfurique en excès, de l'huile fixe, une huile volatile et un extrait qui ne m'a point paru différer de celui de l'orge germé. Il m'a donc été très-facile de les imiter ; mais j'ai obtenu un meilleur résultat en simplifiant ainsi qu'il suit :

Plâtre passé au tamis de soie.....	1 kilogramme ;
Noir de fumée.................	2 hectogr. et demi ;
Orge germé ou malt tel que l'emploient les brasseurs dans la fabrication de la bière.........	5 hectogrammes.
Huile d'olive..................	50 grammes.

On fait macérer dans l'eau presque bouillante l'orge germé pour lui enlever toutes ses parties solubles ; on délaie dans une bassine, avec cette liqueur, le plâtre et le noir de fumée, on évapore jusqu'à consistance de pâte, puis on y mêle l'huile d'olive, dont on peut augmenter la quantité ; on ajoute aussi au mélange, si on le juge à propos, quelques gouttes d'huile de citron ou de lavande pour l'aromatiser. Au défaut de plâtre, on peut y suppléer par une égale quantité d'argile à potier commune.

Ce cirage est sans contredit le moins cher et le plus beau ; il s'étend avec beaucoup d'uniformité, sèche et brille promptement sur le cuir par une légère friction avec la brosse, et n'a pas l'inconvénient de le brûler.

Sur *la Présence du mercure dans les urines des Syphilitiques soumis à un traitement mercuriel.*

Par le Dr Cantu.

Soixante livres d'urine de syphilitiques soumis à des frictions mercurielles sont devenues alcalines en peu de temps, et ont donné un abondant précipité qui a été séparé par le filtre. Le liquide, soumis à divers essais, n'a présenté aucun indice de mercure.

Le précipité, mêlé avec un poids égal de carbonate de potasse et de charbon pulvérisé, et une quantité d'eau suffisante pour en faire une pâte, a été soumis graduellement à une chaleur rouge dans une retorte de verre dont le bec plongeait dans un récipient rempli d'eau. A la fin de l'expérience, on a reconnu au fond de l'eau du récipient un précipité pulvérulent qui, après avoir été desséché, a donné des globules de mercure par la simple compression. La quantité a paru s'en élever à plus de 20 grains. Le col de la cornue en renfermait aussi un nombre considérable de petits globules. (*Mém. de Turin.* xxix. 228.)

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	751,24	+10,9	98	750,35	+12,1	97	749,40	+13,1	98	750,22	+13,2	98	+13,3	+10,3	Couv. temps hum.	O. S. O.
2	754,70	+13,2	99	754,45	+14,4	97	752,67	+16,1	93	751,56	+14,5	94	+10,1	+13,2	Très-couvert.	O.
3	756,00	+12,2	93	755,94	+12,8	75	755,86	+12,2	76	756,02	+ 8,0	94	+12,8	+ 8,0	Voilé.	O.
4	754,73	+ 8,2	96	754,90	+11,0	79	755,18	+ 8,5	82	755,47	+ 6,8	96	+11,0	+ 6,8	Très-nuageux.	O.
5	751,64	+ 8,5	99	751,88	+10,5	91	752,81	+10,5	88	755,60	+ 7,8	88	+10,5	+ 6,5	Couvert.	O.
6	759,94	+ 4,2	100	760,80	+ 9,5	74	761,30	+ 9,1	71	761,80	+ 4,3	95	+ 9,5	+ 3,5	Nuageux, brouill.	N. O.
7	760,92	+ 9,0	99	760,46	+14,2	96	760,10	+14,2	96	758,95	+10,8	99	+14,3	+ 6,9	Couvert, brouillard.	S. O.
8	754,70	+11,5	99	753,34	+15,4	86	752,24	+15,2	89	751,45	+12,0	99	+15,4	+10,8	Nuageux.	S.
9	756,08	+ 9,5	96	758,57	+11,5	88	759,58	+11,8	78	762,55	+ 5,6	97	+11,8	+ 4,8	Couvert.	N. O.
10	762,24	+ 9,5	97	761,80	+12,5	95	760,84	+12,8	92	759,52	+12,5	94	+12,8	+ 8,0	Pluie par intervalles.	S. O.
11	759,13	+12,5	96	759,27	+14,4	96	759,02	+15,2	92	758,30	+13,4	94	+15,3	+12,2	Couvert.	O.
12	757,85	+12,9	99	760,00	+13,0	76	761,24	+12,6	72	763,33	+ 8,8	90	+13,3	+ 8,3	Nuageux.	O. N. O.
13	765,06	+ 6,0	99	763,64	+10,1	91	761,68	+11,0	86	758,35	+10,6	92	+11,0	+ 3,9	Voilé, brouillard.	S. O.
14	753,28	+13,3	94	752,50	+15,3	92	751,30	+13,2	98	751,40	+10,4	95	+15,3	+10,0	Couvert.	S. O. très-fort.
15	758,36	+ 7,2	91	758,97	+ 9,9	80	758,80	+ 8,5	85	761,60	+ 6,5	85	+ 9,9	+ 5,6	Nuageux.	O. N. O.
16	766,90	+ 3,5	92	766,90	+ 8,9	74	765,88	+ 7,8	76	764,38	+ 2,7	91	+ 8,9	+ 1,2	Très-nuageux.	O. S. O.
17	760,50	+ 3,2	92	758,53	+ 7,0	79	756,05	+ 9,0	72	755,20	+ 8,8	86	+ 9,0	— 0,2	Trouble, nuageux.	S. E.
18	753,57	+10,4	84	753,25	+14,5	76	752,83	+14,1	72	752,28	+13,2	82	+14,4	+10,0	Très-nuageux.	S. S. O.
19	754,52	+12,6	98	753,64	+14,0	89	751,97	+13,9	90	750,60	+12,6	91	+14,0	+12,6	Couvert, brouillard.	S. S. O.
20	749,15	+11,6	98	748,13	+15,2	87	748,64	+14,3	84	750,80	+11,5	92	+15,3	+11,5	Couvert.	S.
21	748,35	+10,8	99	747,90	+13,9	95	746,98	+14,2	90	746,77	+10,5	93	+14,2	+10,3	Très-nuageux.	S.
22	749,00	+ 7,2	98	748,72	+10,5	85	747,50	+10,6	85	742,00	+ 8,7	88	+11,3	+ 5,2	Légers nuages.	S. S. O.
23	733,36	+11,5	93	732,78	+13,0	90	732,40	+10,5	90	733,85	+ 8,8	96	+13,0	+ 8,8	Couvert.	S.
24	738,74	+ 5,4	99	738,97	+ 9,0	92	739,70	+ 9,1	86	740,92	+ 2,8	92	+ 9,3	+ 2,8	Couv., léger brouill.	S. O.
25	743,06	+ 6,3	98	743,53	+10,4	88	745,00	+ 9,5	98	747,34	+ 6,4	99	+10,4	+ 5,6	Nuageux.	S. O.
26	749,33	+ 5,8	99	749,90	+ 7,8	99	749,70	+ 7,6	98	748,87	+ 5,5	99	+ 7,8	+ 5,3	Couv., bronil. épais.	O.
27	749,75	+ 4,5	96	750,70	+ 5,8	96	751,44	+ 6,5	96	753,50	+ 5,8	99	+ 6,8	+ 4,3	Temps hum., brouil.	N E. faible.
28	755,74	+ 8,5	99	755,30	+11,5	99	754,44	+11,0	99	751,20	+10,2	99	+11,5	+ 6,8	Couvert, brouillard.	S.
29	746,82	+10,5	95	747,64	+11,8	88	747,86	+11,8	91	749,82	+10,0	96	+11,8	+ 9,4	Nuageux.	S. O. fort.
30	753,18	+ 5,8	96	752,12	+10,2	94	750,45	+11,5	92	748,70	+11,0	96	+11,5	+ 4,8	Trouble et nuageux.	S. fort.
1	756,22	+ 9,6	98	756,25	+12,4	88	756,00	+12,4	86	756,31	+ 9,6	95	+12,7	+ 7,9	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	757,83	+ 9,3	94	757,48	+12,2	84	756,74	+12,0	83	756,62	+ 9,8	90	+12,6	+ 7,5	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,345
3	746,73	+ 7,6	97	746,79	+10,4	93	746,55	+10,2	92	746,30	+ 8,0	96	+10,8	+ 6,3	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 3,600
	753,59	+ 8,9	96	753,50	+11,7	88	753,10	+11,5	87	753,08	+ 9,1	94	+12,0	+ 7,2	Moyennes du mois,	+ 9°,6.

Suite *du Mémoire de M.* Berzelius.

Décomposition du fluate de silice par le potassium.

Lorsqu'on lit la description des expériences faites par MM. Gay-Lussac et Thenard sur l'acide fluorique silicé et le potassium, on ne peut douter qu'ils n'aient décomposé l'acide dans les circonstances qu'ils indiquent. Le potassium brûle dans le gaz et le condense; il se forme une matière brune qui, bouillie avec de l'eau et desséchée, brûle dans le gaz oxigène avec dégagement de gaz fluorique silicé, et laisse pour résidu une matière blanche terreuse. En me livrant à ces recherches, j'ai regardé la réduction de l'acide fluorique et de la silice comme si certaine que j'ai cru n'avoir besoin que d'examiner la composition du produit obtenu, pour tirer la chose à clair. L'expérience de MM. Gay-Lussac et Thenard m'a donné les mêmes résultats qu'ils ont obtenus, avec cette différence, que la masse brûlée dans le gaz oxigène n'était point blanche, et qu'elle avait conservé sa couleur primitive sans changement remarquable. Je m'attendais à y trouver du fluate de silice et de potasse; mais l'acide sulfurique concentré n'en a dégagé aucune trace de fluate de silice, et quoique porté à l'ébullition, il n'a point changé la matière. Elle n'a été attaquée par aucun autre acide que l'acide fluorique, qui a séparé la silice et laissé une matière d'un brun foncé, insoluble dans les acides, et qui ne brûlait pas étant exposée à l'action du feu. Etait-ce le radical de l'acide fluorique, ou celui de la silice, ou une combinaison des deux ?

Pour me procurer ce corps en plus grande quantité, j'ai procédé de la manière suivante : j'ai introduit dans une retorte de verre, d'environ 10 pouces cubes de capacité, un petit vase de porcelaine sur lequel était un morceau de potassium du volume d'une grosse noisette. Après avoir fait rapidement le vide dans la retorte, j'y ai fait arriver du gaz fluorique silicé, d'un réservoir sur le mercure, et j'ai chauffé avec la lampe à esprit-de-vin. Le potassium a d'abord blanchi, mais ensuite il est devenu de plus en plus brun, et enfin noir comme du charbon ; il n'a pas tardé à s'enflammer et a brûlé avec une flamme volumineuse, mais sans intensité, d'une couleur rouge foncée, tandis que le mercure s'est élevé rapidement dans le réservoir, en raison de l'absorption du gaz fluorique silicé. Aussitôt que la combustion a été terminée, on a fait le vide dans l'appareil pour empêcher la formation du fluate de silice et de potasse, et on l'a laissé se refroidir. Le produit était une masse dure, agglutinée, poreuse, d'un brun foncé, qui ne changeait point à l'air, mais qui manifestait l'odeur de l'hydrogène, comme le fait le manganèse, lorsqu'on la pressait entre les doigts ou qu'on y portait l'haleine. On remarquait dans la retorte, autour du vase de porcelaine, une poussière légère, d'un brun jaune, qui a été conservée. La masse brûlée, jetée dans l'eau, a dégagé aussitôt du gaz hydrogène avec rapidité. L'eau a dissous beaucoup de fluate de potasse, et la masse brune s'est précipitée en une poudre d'un brun de châtaigne, en dégageant lentement du gaz. Le liquide alcalin a été décanté et remplacé par de l'eau pure. Le développement du gaz a diminué visiblement, et l'eau ayant encore été renouvelée

au bout de quelque temps, il a cessé entièrement, de manière qu'on a pu porter à l'ébullition, sans que la poudre brune ait décomposé l'eau. La dissolution obtenue par l'ébullition étant très-acide, on a fait bouillir avec de nouvelles portions d'eau, jusqu'à ce que le liquide ne manifestât plus d'acidité, et on l'a fait alors passer par le filtre. L'eau était saturée de fluate de silice et de potasse, et la poudre brune a été lavée tant que l'eau a laissé le plus léger résidu par l'évaporation. La poudre, étant desséchée, était d'un brun marron, et contenait visiblement des parties hétérogènes d'une couleur plus claire. La matière brune qui s'était déposée sur le verre pendant la combustion du potassium était beaucoup plus homogène. L'eau n'a point dégagé avec elle d'hydrogène, mais elle est devenue promptement acide. La poudre a été lavée avec le même soin que la précédente.

Pour déterminer maintenant le changement que la matière brune éprouvait par la combustion, on l'a d'abord desséchée au rouge obscur dans un courant de gaz hydrogène, et, après l'avoir pesée, on l'a exposée dans un appareil convenable à un courant de gaz oxigène. Aussitôt que l'air des vaisseaux a paru être remplacé par le gaz oxigène, on a chauffé la matière brune avec la lampe à esprit-de-vin; elle s'est enflammée aussitôt et a brûlé quelque temps avec vivacité, laissant apercevoir à sa surface une flamme d'un bleu pâle. L'oxigène restant conduit dans de l'eau de baryte l'a troublée fortement, et a donné un précipité qui s'est dissous sans résidu, avec effervescence, dans l'acide muriatique, et qui était par conséquent du carbonate de

baryte. La masse brûlée s'était beaucoup contractée, mais elle avait à-peu-près la même couleur qu'auparavant. Son poids était à peine augmenté d'un demi-centième. On n'a aperçu ni dans la boule de verre où la combustion a été faite, ni dans le tube de verre conducteur, le moindre indice de la présence de l'acide fluorique, et cela a rendu évident que cet acide n'était pas le produit de la combustion de la matière brune, et que celui qui s'était montré dans les expériences de MM. Gay-Lussac et Thenard, de même que dans les premières que j'avais faites, provenait de ce que la matière brune contenait du fluate de silice et de potasse qui se décomposait par la chaleur de la combustion, et donnait de l'acide fluorique silicé. Ce résultat fait aussi perdre l'espérance de parvenir, par ce moyen, à connaître la composition de l'acide fluorique; mais il n'en est pas moins intéressant, puisqu'il paraît montrer que la matière brune pulvérulente est effectivement le silicium. Sa combustion dans l'oxigène, avec production d'acide carbonique, sans augmenter beaucoup de poids, n'était plus maintenant aussi difficile à comprendre, puisque c'est une propriété des oxides qui contiennent 3 atomes d'oxigène, que leur quadri-carbure brûle sans augmenter de poids. Mais d'où vient ce charbon, comment peut-il être combiné avec le silicium? Je crus d'abord qu'on pouvait l'attribuer à la présence de l'huile de naphte dans laquelle on conserve le potassium, et je répétai l'expérience en employant du potassium qui n'avait pas été mis dans cette huile. Le résultat fut le même. Je commençai alors à croire que ce métal pouvait contenir du charbon; car il avait été préparé d'après le procédé

avantageux qu'a donné dernièrement Brunner, qui consiste à distiller à une haute température un mélange de carbonate de potasse et de charbon dans un vase de fer forgé. Le potassium distillé dans un vaisseau de verre donna en effet un résidu charbonneux qui, mis dans l'eau, donna de la potasse et beaucoup de charbon. En répétant l'expérience de la combustion du potassium dans le gaz fluorique silicé, la poudre n'était plus aussi brune, et brûlée dans l'oxigène, elle a augmenté de 40 pour cent sans produire d'acide carbonique. Cependant la couleur était à-peu-près la même qu'avant la combustion. Mais cette circonstance ne paraîtra plus étonnante si l'on suppose ou que le silicium peut prendre dans sa combustion un degré plus bas d'oxidation, ou que, ainsi qu'il arrive avec le bore, la silice formée empêche le silicium de brûler entièrement. Le résidu de la combustion, traité par l'acide fluorique, a donné du gaz fluorique silicé, et sa couleur est devenue beaucoup plus obscure. Jeté sur un filtre, bien lavé et desséché, c'était le *silicium* à l'état de pureté.

Description du silicium, et de la manière dont il se comporte avec d'autres corps.

Obtenu comme il vient d'être dit, le silicium est d'un brun de noisette sombre, sans le moindre éclat métallique. Frotté avec l'acier à polir, il ne donne aucun trait éclatant, et oppose de la résistance au frottement, tout-à-fait comme un corps terreux. Il est incombustible dans l'air atmosphérique et dans l'oxigène; il n'éprouve point de changement dans la flamme du chalumeau, et

paraît appartenir à la classe des corps les plus infusibles. Ces propriétés paraissent en opposition avec ce que j'ai déjà dit de la combustion du silicium, qui se fait facilement lorsqu'on emploie le silicium qu'on obtient immédiatement après sa réduction par le potassium. Cette différence dans la combustibilité de ce corps est extrêmement remarquable. Elle ne dépend point d'un effet dû à l'acide fluorique; car, si avant de brûler le silicium on le traite avec l'acide fluorique, on lui enlèvera une portion de silice qui avait été séparée de l'acide fluorique par la potasse, provenant de l'oxidation du potassium par l'air, avant qu'on puisse faire l'expérience; et l'acide dissout en outre, surtout au moyen de la chaleur, une portion de silicium avec dégagement de gaz hydrogène. Le silicium qui reste ensuite après avoir filtré et lavé s'enflamme et brûle avec vivacité dans l'air et dans l'oxigène. Cette combustibilité ne peut aussi dépendre d'un reste de potassium; car après la combustion on ne peut retirer du produit ni acide fluorique ni fluate de silice et de potasse : elle me paraît plus probablement due à une portion d'hydrogène combinée avec le silicium; car, si on brûle le silicium dans l'oxigène, même après l'avoir chauffé dans l'hydrogène ou dans le vide, il se formera de l'eau, mais en très-petite quantité relativement à la grande capacité de saturation de la silice. Le silicium que l'on obtient lorsqu'on jette dans l'eau la masse brune obtenue avec le potassium est, d'après cela, un *hydrure de silicium* ou un *siliciure d'hydrogène :* la masse réduite est un *siliciure de potassium* que l'eau décompose; le potassium se change en potasse et se dissout; la plus grande partie de l'hydrogène se dé-

gage, et la plus petite prend la place du potassium en se combinant avec le silicium. Si l'on met le silicium hydruré dans un creuset de platine ouvert, qu'on le chauffe lentement jusqu'au rouge commençant, et qu'après l'avoir couvert on le porte au rouge blanc, le silicium perd sa combustibilité; et traité avec l'acide fluorique, qui maintenant n'en dissout plus, il se trouve parfaitement pur, sans éprouver la grande perte que l'on obtient lorsqu'on commence par le brûler. Lorsqu'on chauffe le *silicium hydruré* très-vîte jusqu'au rouge, il prend feu parce que l'hydrogène ne peut brûler à une température plus basse, sans enflammer en même temps le silicium. Si le silicium ne brûle pas complètement dans cette circonstance, cela ne dépend pas de la formation d'un degré inférieur d'oxidation, mais de ce que la silice formée empêche l'accès de l'oxigène vers les parties non encore brûlées. Outre l'hydrogène que le silicium perd à une température élevée, il éprouve encore un autre changement; il perd la propriété de se dissoudre dans l'acide fluorique, se réduit à un plus petit volume, et prend une couleur plus sombre. Certainement cette circonstance a une aussi grande influence pour diminuer sa combustibilité que la perte de son hydrogène. Dans l'état de moindre condensation où on l'obtient, lorsqu'il vient d'être séparé du potassium par le moyen de l'eau, il peut être comparé pour sa combustibilité au charbon poreux, hydrogéné, de lin, qui prend feu par les étincelles du briquet, mais qui perd cette propriété après avoir été exposé à une température élevée. L'incombustibilité du silicium est, du reste, si grande que l'on peut retrouver la petite quantité qui en

reste sur les filtres en les brûlant et traitant la cendre par l'acide fluorique.

Le silicium tache et adhère fortement, même lorsqu'il est sec, aux vases de verre dans lesquels on le conserve. Lorsqu'on le traite par l'acide fluorique, le liquide se recouvre d'une petite pellicule qui enveloppe, comme le font les huiles grasses, chaque goutte que l'on en retire. Cette pellicule s'élève sur les parois des vases tant qu'elles sont humides, et paraît alors, par réfraction, d'une couleur plus claire que le silicium qui est au-dessous du liquide.

Le silicium ne conduit point l'électricité. Celui qui est devenu incombustible par son exposition à une haute température n'éprouve point de changement lorsque, pendant qu'il est rouge, on jette dessus du chlorate de potasse. Il n'est point attaqué par le salpêtre avant que la température ne soit assez élevée pour décomposer l'acide nitrique, et que l'affinité de l'alcali ne commence à agir; mais à une chaleur blanche, il est attaqué très-vivement.

Avec le carbonate de potasse, le silicium brûle très-facilement avec une vive inflammation; il se dégage du gaz oxide de carbone, et la masse prend une couleur noire en raison du carbone qui est réduit. L'incandescence est d'autant plus vive et la température a besoin d'être d'autant moins élevée pour déterminer l'action, que l'on prend moins de carbonate de potasse ou de soude. Ainsi, en prenant, par exemple, un volume de carbonate égal à la moitié de celui du silicium, l'inflammation se manifeste beaucoup au-dessous de la chaleur rouge. Avec de plus grandes quantités de carbo-

nate, la masse se boursouffle à cause du gaz oxide de carbone qui se produit, s'enflamme et brûle avec une flamme bleue. Si l'on employait encore une plus grande quantité de carbonate, on n'apercevrait aucun signe de combustion; la masse ne noircit point, et il se dégage seulement de l'oxide de carbone.

Cette manière de se comporter du silicium avec le carbonate de potasse donne lieu à un phénomène très-paradoxal. Si l'on chauffe du silicium incombustible avec du salpêtre jusqu'au rouge modéré, sur une feuille de platine ou dans un petit creuset, on n'observera aucune action; mais si l'on ajoute un peu de carbonate de soude sec, de manière qu'il touche le silicium, il se fera une détonation, aux dépens du carbonate, au milieu du salpêtre, et la masse conservera quelque temps sa couleur noire.

La cause pour laquelle le silicium brûle à une basse température plus facilement avec le carbonate qu'avec le salpêtre, est due sans aucun doute à ce que l'affinité de l'alcali pour la silice est nécessaire pour déterminer la combustion du silicium, et qu'elle ne peut se manifester avec le salpêtre que lorsque la température est suffisante pour décomposer l'acide nitrique. Si la masse brûlée reste noire encore quelque temps, cela vient de ce que la nouvelle combinaison est compacte et protége le charbon jusqu'à ce qu'elle entre en fusion.

Le silicium détone en produisant une vive incandescence, avec les alcalis fixes hydratés, à une température à laquelle ils fondent, mais beaucoup au-dessous du rouge. Il se dégage du gaz hydrogène qui brûle visiblement lorsque

le volume de la masse n'est point trop petit. On observe les mêmes phénomènes avec l'hydrate de baryte. On observe bien aussi avec l'hydrate de chaux une incandescence; mais elle est très-faible, et le silicium ne s'oxide qu'imparfaitement. Avec le fluate acide de potasse, il détone au degré de fusion du sel, c'est-à-dire, beaucoup au-dessous du rouge : il n'est point altéré dans le borax en fusion.

Le silicium chauffé jusqu'au rouge parfait dans la vapeur du soufre s'enflamme et brûle, mais beaucoup moins vivement que dans l'oxigène, et même la combinaison n'a pas lieu avec le silicium incombustible. La sulfuration est ordinairement aussi incomplète que l'oxidation, et l'on obtient une masse scorifiée, d'un gris foncé. Il arrive cependant quelquefois, particulièrement lorsqu'on a fait le vide dans les vaisseaux avant de volatiliser le soufre, que le silicium se sulfure complètement, au moins dans une partie de sa masse. Il présente alors un corps terreux blanc qui, jeté dans l'eau, s'y dissout instantanément avec dégagement d'acide hydrosulfurique. Le silicium se change en silice qui se dissout dans l'eau, et si celle-ci est en petite quantité, on peut obtenir une dissolution tellement concentrée, qu'elle se prenne en gelée après une légère évaporation, et qu'elle laisse la silice, après la dessiccation, en une masse transparente fendillée. Le silicium imparfaitement sulfuré décompose aussi l'eau rapidement, avec dégagement d'hydrogène et dissolution de la silice dans l'eau, et le silicium, qui n'était pas combiné avec le soufre, se sépare. A l'air, le sulfure de silicium répand une forte odeur d'acide hydrosulfurique, et perd en peu de

temps tout son soufre; mais dans l'air sec il peut être conservé long-temps. A une chaleur rouge, il se laisse griller, et donne de l'acide sulfureux et de la silice. Ce changement ne s'opère cependant que lentement; car tenu à une chaleur rouge pendant quelques instans, il a encore la propriété de décomposer l'eau.

Le siliciure de potassium se combine facilement à une chaleur rouge avec le soufre; mais si on dissout la masse dans l'eau, il reste beaucoup de silicium, à moins que la masse ne soit de nouveau exposée à une chaleur blanche, parce qu'alors le silicium se combine avec le soufre aux dépens du potassium précédemment sulfuré à une température plus élevée. Cette combinaison est un vrai sulfure double; la couleur en est d'un brun foncé, presque noir. Elle présente une masse fondue qui se dissout dans l'eau. Il est difficile de dire si elle se dissout sans changer de nature; mais puisque le sulfure de silicium se décompose dans l'eau, et que l'acide hydrosulfurique a une grande affinité pour le sulfure de potassium, il est extrêmement vraisemblable que, dans la dissolution, il existe du silicate de potasse avec de l'hydrosulfate de potasse. Les combinaisons du sulfure de silicium avec les sulfures métalliques, quoique possibles par la voie sèche, paraissent ne pouvoir exister dans l'eau.

C'est certainement un fait très-remarquable de voir la silice se dissoudre en aussi grande quantité dans l'eau au moment de sa formation, et perdre cette propriété par l'évaporation au point de devenir insoluble dans les acides. Cette grande solubilité, démontrée par les expériences précédentes, explique les nombreuses

cristallisations de silice dans les cavités des druses, qui quelquefois ne pourraient pas contenir un volume de liquide tant soit peu plus grand que celui du cristal même. Je ne prétends cependant pas que la silice ait été en dissolution comme dans notre exemple, c'est-à-dire, qu'elle ait été le résultat de la décomposition du sulfure de silicium.

Je n'ai point réussi à combiner le phosphore avec le silicium en le faisant arriver sur ce dernier à une chaleur rouge. Je n'ai point essayé d'autre procédé.

Si l'on chauffe le silicium dans un courant de chlore, il prend feu et continue à brûler. Si le gaz contient de l'air atmosphérique, il reste de la silice sous forme d'un squelette léger. Le silicium brûle également bien dans le chlore, qu'il ait perdu ou non sa combustibilité dans l'air. Le produit se condense et présente un liquide qui est jaunâtre quand il contient un excès de chlore, mais qui est sans couleur quand il est débarrassé de cet excès. Ce liquide est très-fluide ; il s'évapore presque instantanément dans l'air libre, en donnant des vapeurs blanches, et laisse un résidu de silice. Il a une odeur très-pénétrante que l'on peut en quelque sorte comparer à celle du cyanogène. Jeté dans l'eau, il surnage, s'y dissout ordinairement ou laisse un peu de silice. Si la quantité d'eau est petite, par exemple, une goutte sur autant de chlorure de silicium, celui-ci l'enveloppe et la silice reste en une masse boursoufflée demi-transparente. Ce liquide est analogue aux combinaisons des autres corps électro-négatifs avec le chlore. Il rougit le papier de tournesol : c'est le second exemple connu d'une combinaison liquide formée par le silicium.

A une température ordinaire de l'air, le potassium n'a aucune action sur le chlorure de silicium ; mais chauffé dans la vapeur de ce dernier, il s'y enflamme et produit un composé de potassium et de silicium. L'iodure de potassium ne se combine point avec le silicium.

Le silicium n'est ni dissous ni attaqué par les acides sulfurique, nitrique, muriatique et pas même par l'eau régale. Dans son état de combustibilité, il est dissous lentement par l'acide fluorique avec dégagement d'hydrogène ; mais en perdant sa combustibilité, il perd aussi la propriété de se dissoudre dans cet acide. Il est, au contraire, dissous avec rapidité, même à froid, par un mélange d'acide nitrique et d'acide fluorique, avec dégagement de gaz nitreux. Le silicium combustible se dissout par digestion dans une dissolution de potasse caustique ; mais rendu incombustible, il n'est plus attaqué par les alcalis, par voie humide.

Le silicium, une fois isolé, se combine très-difficilement avec les métaux. Son affinité remarquable pour le platine est connue par les expériences de M. Boussingault ; mais on peut le chauffer aussi souvent et aussi long-temps que l'on veut dans un creuset de platine, sans qu'il y ait combinaison. Mais si l'on cherche à réduire le silicium par le potassium dans un creuset de platine, le silicium pénètre profondément dans le platine, dans l'endroit où celui-ci est touché par le potassium. Le cuivre, l'argent, le plomb et l'étain, chauffés au chalumeau avec le silicium, ne paraissent point changés dans leur apparence ni leur ductilité ; cependant ils laissent, quand on les traite par les acides, une petite quantité de silice. Le cuivre particulièrement a laissé un squelette de la

même forme que la sienne. Il est ici à remarquer que le silicium, qui seul n'est point attaqué par les acides, s'oxide quand on dissout ses combinaisons avec les métaux. Nous avons cependant déjà un exemple semblable dans le rhodium, qui seul n'est point attaqué par l'eau régale, et qui s'y dissout lorsqu'il est allié avec certains métaux. Le titane, qui se rapproche de si près du silicium par ses propriétés, est aussi insoluble dans les acides à l'état métallique (à l'exception d'un mélange d'acide fluorique et d'acide nitrique), et il est oxidé et facilement dissous lorsqu'il est allié aux autres métaux.

Le silicium se combine avec le potassium à une température élevée, mais sans phénomène de chaleur remarquable. Il donne deux combinaisons : l'une, avec excès de potassium, est d'un brun gris foncé et se dissout entièrement dans l'eau ; l'autre, avec moins de potassium, s'obtient par la réduction précitée, ou en exposant la première à une température très-élevée. Il est d'ailleurs vraisemblable que le silicium peut former avec les métaux des combinaisons dont les proportions correspondent à celles de leurs silicates. Je réserve ces recherches pour un autre temps.

Préparation du silicium. La combustion du potassium dans le gaz fluorique silicé exige des appareils qu'on n'a pas toujours à sa disposition. Les sels doubles, au contraire, que l'acide fluorique forme avec la silice et la potasse ou la soude, donnent un moyen très-avantageux de préparer le silicium. Je n'ai observé aucune différence dans l'emploi de l'un ou de l'autre de ces sels. Celui de soude a cependant l'avantage de contenir sous le même poids et le même volume une plus grande

quantité de fluate de silice. On emploie ce sel de la manière suivante : on le réduit en poudre fine, dans le cas où la dessiccation aurait fait adhérer ses particules, et pour chasser son humidité, on l'expose à une température aussi élevée qu'il puisse supporter sans se décomposer, c'est-à-dire, beaucoup au-delà de 100°. On le met ensuite par couches avec le potassium dans un tube de verre fermé par un bout, que l'on dispose de manière qu'on puisse échauffer toute la masse en même temps. On peut, si l'on veut, fondre le potassium et le mêler, au moyen d'une baguette de fer, avec le sel, et chauffer ensuite la masse sur une lampe à alcool. Même avant la chaleur rouge, le silicium est réduit avec un petit sifflement et une faible apparence de chaleur. Il ne se dégage aucun gaz lorsque le sel a été bien desséché. On laisse refroidir la masse et on la traite ensuite, comme il a été dit. On doit cependant la dissoudre dans une grande masse d'eau, pour que le liquide, qui devient alcalin par l'oxidation du potassium, soit aussi étendu que possible, et ait moins de tendance à oxider le silicium et à le dissoudre. C'est pour cela qu'on ne doit point traiter la masse par l'eau chaude, que le liquide n'ait perdu par le lavage son alcalinité. On la fait ensuite bouillir avec l'eau, et on la lave avec de l'eau chaude jusqu'à ce que, par l'évaporation d'une goutte du liquide, il ne reste aucune tache. Il faut pour cela ordinairement beaucoup de temps et employer une grande quantité d'eau. Le silicium obtenu par ce procédé contient de l'hydrogène, mais cependant en moindre quantité, et peut-être de la même manière que le charbon de bois ordinaire, que Davy considère comme du carbone

hydrogéné. Il contient en outre de la silice, qui vient principalement de ce que le potassium avant la réduction s'oxide un peu, et sépare alors une quantité de silice correspondante à celle de l'alcali formé; mais l'alcali qui se forme après la réduction, en dissolvant la masse dans l'eau, dissout une partie du sel double en excès, sans en séparer la silice. Cette silice doit être enlevée par le moyen de l'acide fluorique; mais comme le silicium se dissoudrait dans l'acide, il faut commencer par le rendre insoluble et incombustible. Si on le faisait brûler dans l'air, on en obtiendrait bien une partie d'incombustible, après avoir traité par l'acide fluorique; mais on en perdrait ordinairement les deux tiers par la combustion. On prévient cette perte en chauffant presque jusqu'au rouge, dans un creuset ouvert, le silicium desséché contenant de l'hydrogène : on maintient quelque temps ce degré de chaleur, et on l'élève ensuite peu à peu jusqu'au rouge parfait. Si le silicium voulait s'enflammer, on couvrirait aussitôt le creuset, et on diminuerait la température; ce qui arrêterait à l'instant la combustion. La calcination achevée, le silicium est incombustible à l'air, et n'est plus attaqué par l'acide fluorique, pourvu qu'il ne contienne aucun métal étranger, par exemple, du fer ou du manganèse; car, dans ce cas, l'alliage se dissoudrait entièrement avec dégagement d'hydrogène. Après le traitement par l'acide, le silicium est lavé et desséché. On pourrait croire que cette incombustibilité est causée par une pellicule extrêmement mince de silice; mais j'ai desséché le silicium dans le vide, et chauffé ensuite dans l'air jusqu'au rouge, et je n'ai trouvé aucun changement de poids.

On peut aussi réduire la silice en la chauffant avec du potassium ; mais il arrive ou que la combinaison riche en potassium se dissout entièrement dans l'eau, ou bien, lorsque la chaleur est suffisante pour chasser l'excès de potassium, que le silicate de potasse formé se fond en une masse vitreuse, et enveloppe le silicium qui prend par là une couleur plus claire. On peut séparer une partie du silicate par le moyen de l'eau, mais on ne peut enlever l'autre qu'avec l'acide fluorique. La quantité de silicium qu'on obtient est extrêmement petite ; et cette manière de l'obtenir ne mérite attention que parce qu'elle donne le même résultat que le sel double traité par le potassium ; ce qui prouve que le dégagement d'hydrogène qui a lieu lorsque la masse est traitée par l'eau est dû au potassium, et non au radical combustible de l'acide fluorique. C'est par le procédé dont il est ici question que Davy a cherché à réduire la silice ; et il n'a obtenu, avec le silicate de potasse mêlée, qu'une matière brune, pulvérulente, qui s'est dissoute dans l'eau, en lui donnant une couleur d'un vert gris. J'ai remarqué la même couleur dans la dissolution ; mais elle disparaît lorsque celle-ci s'éclaircit.

J'ai fait passer du gaz fluorique silicé à une chaleur rouge, dans un tube de fer rempli de tournure de même métal, et il n'a pas été absorbé d'une manière sensible. La tournure retirée avait, dans les endroits où la chaleur avait eu le plus d'intensité, une couleur d'un brun noisette, semblable à celle du silicium, et la saveur du fluate de fer. Ce dernier ayant été dissous par l'eau, il est resté sur la surface du fer une pellicule sensible de silicium, mais si mince qu'il n'a

pas été possible de l'en séparer. On voit, par cette expérience, que le fer, à une température suffisamment élevée, a une assez grande affinité pour décomposer le gaz ; mais que la décomposition s'arrête bientôt, parce que le silicium qui se dépose à la surface du métal empêche son action. En chauffant jusqu'à fusion du sel, dans un vase de fer couvert, un mélange de limaille de fer très-fine et de fluate de silice et de potasse, le sel a été décomposé et changé en fluate double d'oxidule de fer et de potasse : après l'avoir dissous par l'eau chaude, il est resté une combinaison de fer et de silicium. J'espérais pouvoir en séparer le fer par le moyen d'un acide, mais le silicium s'est oxidé en même temps, quoique j'aie employé de l'acide fluorique silicé liquide. En desséchant cet alliage, il s'est oxidé à l'air plus promptement qu'il ne s'est desséché, et s'est changé en une ochre d'un jaune de rouille.

Composition de la silice. Puisqu'on peut obtenir directement le silicium, il était naturel de chercher à connaître directement son oxidation. Pour cela, j'ai brûlé 100 parties de silicium pur, desséché dans le vide, en le chauffant avec du carbonate de soude. La masse traitée par l'acide hydrochlorique, évaporée à siccité et fortement chauffée, a été dissoute dans l'eau et a laissé de la silice colorée en gris par du charbon, qui, bien lavée et rougie, est devenue d'un blanc de neige et pesait 203,75. La dissolution obtenue et les eaux de lavage ont été évaporées de nouveau, et le résidu salin rougi. En traitant celui-ci par l'eau, il a donné encore un peu de silice qui, après l'addition d'une goutte d'ammoniaque, a pris, au bout de quelques heures, une couleur tirant

au jaune brun. Rougie, elle pesait 1,5 : elle avait perdu sa couleur foncée, mais elle n'était pas d'un blanc de neige. Avec la soude, elle a donné sur la feuille de platine une trace faible, mais évidente, de manganèse. 100 parties de silicium avaient par conséquent absorbé 105,25 d'oxigène, et produit 205,25 de silice. L'expérience a été répétée sur une portion de silicium sur lequel on avait évaporé de l'acide fluorique, pour être plus certain que toute la silice avait été enlevée. 100 parties de silicium préalablement calciné au rouge dans l'air ont donné, par le procédé décrit, 207 de silice, et, par l'évaporation des eaux, 1 partie, ou en tout 208 de silice.

D'après ces deux expériences, la silice est composée de

Silicium,	48,72	48,08;
Oxigène,	51,28	51,92.

Elles donnent toutes deux une plus grande proportion d'oxigène que celle que j'ai trouvée d'après la capacité de saturation de la silice pour les bases salines, et qui est seulement 50,3.

Mais si nous revenons sur l'analyse des sels contenant du fluate de silice, nous pourrons calculer la capacité du silicium d'après les résultats que nous en avons obtenus.

De tous ces sels doubles, celui de baryte est le plus convenable. La seule incertitude qu'on pourrait rencontrer dans son analyse vient de ce qu'il retient un peu d'humidité, qui ne se dégage qu'au moment où il se décompose. Mais la quantité peut en être déterminée

en fondant le sel avec de l'oxide de plomb ; car l'acide est retenu et l'eau seule se dégage. 100 parties de sel ont perdu de cette manière 0,85 d'humidité. 100 parties du même sel, pesées en même temps, ont donné, d'après le procédé décrit pour l'analyse du fluate de silice et de baryte, 82,933 de sulfate de baryte, représentant 54,428 de baryte. Mais, d'après l'analyse déjà connue du fluate double de silice et de baryte, la base y est combinée avec trois fois plus d'acide fluorique que dans le fluate neutre. Il suit de là que le sel double est formé de

Baryte,	54,428;
Acide fluorique,	22,836;
Silice,	21,886;
Humidité,	0,850.
	100,000.

Les 54,428 parties de baryte sont saturées par 7,612 d'acide fluorique; d'où il suit que 15,224 de cet acide étaient combinées avec 21,886 de silice, ou que 100 d'acide prennent 143,76 de silice. Le fluate de silice est conséquemment composé de

Acide fluorique,	41,024	100,00;
Silice,	58,976	143,76.

Mais 100 parties d'acide fluorique correspondent à 74,7194 d'oxigène dans chaque base qu'il sature ; par conséquent cette même quantité d'oxigène doit être contenue dans les 143,76 de silice que l'acide sature, et la composition de la silice doit être :

Silicium,	48,025	100,00;
Oxigène,	51,975	108,22.

Cette proportion se rapproche beaucoup de celle obtenue par synthèse ; mais il est difficile de dire de quel côté les plus grandes erreurs d'observation doivent se trouver. D'après ce qui précède, le poids de l'atome du silicium, en supposant que la silice contienne 3 atomes d'oxigène, serait 277,2, et, d'après la meilleure des deux expériences synthétiques, 277,8. L'autre le porterait à 285 ; mais ce nombre est vraisemblablement trop fort. Il surpasse de 1 $\frac{2}{3}$ pour cent celui qui avait été adopté d'abord, qui convient si bien pour les nouvelles analyses les plus exactes des minéraux, que si elles étaient calculées d'après la détermination que l'on vient de donner, elles rendraient nécessaire un excès de silice. Mais je dois rappeler à cet égard que l'on trouve rarement un minéral, à la composition duquel la silice est étrangère, qui n'en contienne cependant depuis $\frac{1}{2}$ jusqu'à 2 et même davantage pour cent, ou à l'état de quartz ou à celui d'un autre minéral siliceux. Cette circonstance doit avoir lieu à plus forte raison pour les minéraux qui ont la silice pour un de leurs élémens, et par conséquent toute la quantité qu'on en trouve, au-delà de celle que donne le calcul, doit être attribuée à un mélange siliceux existant dans le minéral.

Quant au nombre d'atomes d'oxigène contenus dans la silice, les nouveaux faits ne nous fournissent pas le moyen de la déterminer. La circonstance que le silicium carburé produit en brûlant un poids égal de silice, tend à le faire considérer comme un quadri-carbure qui donnerait en brûlant un oxide à 3 atomes d'oxigène : mais comme je n'ai pu isoler le carbure de silicium ni le brûler complètement, ce résultat, quoique

obtenu dans plusieurs expériences, et avec du silicium provenant de diverses opérations, n'a point la certitude qu'il devrait avoir pour être admis comme une preuve. On doit cependant le considérer comme donnant une forte présomption que la silice contient 3 atomes d'oxigène, jusqu'à ce que nos connaissances sur la forme cristalline des corps nous fournissent des moyens de décider sur le nombre d'atomes dont sont formés les oxides. Pour l'expression de la composition des silicates par des formules, il serait certainement plus simple de considérer la silice comme formée d'un atome de silicium et d'un atome d'oxigène ; mais il serait alors difficile de concevoir l'existence des silicates qui contiennent six fois l'oxigène de la base, comme dans l'apophyllite, dans laquelle alors un atome de potasse serait combiné avec 12 atomes de silice.

Enfin, il reste encore à décider à quelle classe des corps simples appartient le silicium. Puisqu'il n'a point d'éclat ni la propriété de conduire l'électricité dans l'état où il a été obtenu jusqu'à présent, il est évident qu'on ne peut point le classer parmi les métaux, et que ses propriétés le rapprochent du bore et du carbone. Quelques philosophes méthodistes lui donneront sans doute en conséquence le nom de *silicone*, pour indiquer par sa terminaison le genre de corps combustibles auquel il doit appartenir. Mais je regarde cette dénomination comme inutile ; car il n'y a aucune véritable limite entre les métaux et les métalloïdes. Le carbone a l'éclat métallique et conduit l'électricité ; mais on ne le considère point comme un métal ; et si on pouvait fondre le silicium, il aurait peut-être alors ces propriétés

qui lui manquent à l'état pulvérulent. L'urane, sous cette dernière forme, ne peut être distingué que difficilement, par son apparence, du silicium; et cristallisé, il a au contraire l'éclat métallique et paraît transparent sur les bords les plus minces. Le tantale et le titane se rapprochent aussi du silicium par leurs propriétés chimiques, et ne ferait-on pas bien de les séparer des métaux pour les réunir aux métalloïdes, c'est-à-dire, aux corps combustibles non métalliques? Je veux seulement montrer, par ces remarques, qu'il n'y a aucune limite naturelle entre ces corps, et que, lorsqu'on ne considère comme exact que leur rapport électrique, il est tout-à-fait indifférent de placer ou non un corps combustible parmi les métaux.

(*Annalen der Physik und Chemie.*)

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 2 *novembre* 1824.

Après la lecture de plusieurs articles de correspondance, l'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination de la Commission qui doit présenter une liste de candidats pour la place d'académicien libre vacante par la mort de M. le duc de Brancas-Lauraguais. Cette Commission est composée de MM. Arago, président, Laplace, Le Gendre, Coquebert de Montbret, Maurice, Lacépède et Thenard.

Un membre annonce le décès de M. le duc de Noailles d'Ayen, académicien libre.

Le Ministre de l'Intérieur invite l'Académie à lui présenter un candidat pour la place de professeur d'histoire naturelle des médicamens, vacante à l'Ecole de Pharmacie de Paris.

Le comte de Fossombroni, nommé récemment à une place de correspondant, adresse ses remercîmens à l'Académie.

M. Chaptal, au nom d'une Commission, rend compte des expériences faites par M. Payen sur les propriétés décolorantes de plusieurs substances minérales charbonnées, et dont il résulte que le schiste de Mennat, en Auvergne, et les charbons d'os calcinés décolorent au plus haut degré. Le schiste enlève les $\frac{3}{5}$ de matière colorante; le charbon les $\frac{2}{3}$.

M. Magendie lit un Mémoire intitulé : *Suite des expériences sur les fonctions de la cinquième paire de nerfs.*

M. de Lonchamps lit un Mémoire *sur les moyens de faire chaque année plusieurs récoltes de soie.*

La séance a été terminée par la lecture d'un Mémoire de M. Raspail *sur la formation de l'embryon dans les graminées.*

Séance du lundi 8 *novembre.*

M. Becquerel annonce qu'ayant déterminé par l'expérience l'intensité de la force électro-dynamique du fil métallique conducteur joignant les deux pôles d'une pile voltaïque, il a reconnu que cette intensité est constante dans tous les points du fil.

MM. Payen et Chevallier lisent une Note *sur la quantité d'acide phosphorique libre qui peut être appréciée au moyen du tournesol.*

M. Brongniart fait un rapport détaillé et très-favorable sur les recherches géologiques que M. Bonnard avait présentées, et qui sont relatives à divers cantons de la Bourgogne.

M. Cordier rend un compte verbal du nouveau Traité élémentaire de Minéralogie de M. Beudant.

M. Dupin lit un Mémoire qui a pour objet de prouver l'avantage des machines sur le bien-être des ouvriers.

La Section de Minéralogie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place actuellement vacante par la mort de M. Sage :

MM. Beudant, de Bonnard, Berthier, Constant Prevost.

La Commission nommée dans la séance du 2 novembre présente la liste suivante de candidats pour la place d'académicien libre que la mort de M. Lauraguais a laissée vacante :

MM. Héricart de Thury, les généraux Rogniat et Haxo, le général Andreossy, l'amiral Missiessy et M. Desgenettes.

Les titres de ces divers candidats sont discutés.

Séance du lundi 15 novembre.

L'Académie va au scrutin pour l'élection d'un membre dans la Section de Minéralogie. Sur cinquante et un votans, M. Beudant réunit trente suffrages.

L'Académie s'occupe ensuite de la nomination d'un associé libre. Le nombre des membres votans était de

cinquante-cinq. M. Héricart de Thury réunit trente-deux suffrages.

Ces deux nominations seront soumises à l'approbation du Roi.

M. Latreille fait un rapport verbal très-flatteur au sujet du Mémoire que M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire a publié sur un nouveau genre de mammifère que ce jeune naturaliste a appelé *protèle*.

M. Duméril, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable sur un Mémoire de M. Lauth, jeune médecin de Strasbourg, relatif aux vaisseaux limphatiques des oiseaux.

M. Silvestre rend un compte verbal d'un ouvrage de M. de Marivault *sur la situation agricole de la France.*

M. Dupin termine la lecture qu'il avait commencée dans la précédente séance.

La Section de Chimie présente la liste suivante de candidats pour la place vacante à l'Ecole de Pharmacie:

MM. Pelletier, Guibourt, Virey et Bussy.

On discute les titres respectifs de ces divers candidats.

Séance du lundi 22 novembre.

Le Ministre de l'Intérieur écrit à l'Académie que le Roi a daigné confirmer les élections de MM. Beudant et Héricart de Thury.

M. Huzard fils adresse un travail qu'il a fait en commun avec M. Pelletier sur le genre *Hirudo.*

M. Jacques-Joeph Meunier annonce qu'il est en possession de l'ancien art de peindre et cuire les vitraux en toutes couleurs.

M. Geoffroy Saint-Hilaire lit une Note *sur les inconvéniens de repousser la seule détermination donnée par les os de l'opercule*; et il dépose ses tableaux synoptiques expliquant la composition de toute tête osseuse chez les hommes et chez les animaux.

M. Latreille communique un tableau analytique des animaux composant l'embranchement des mollusques de M. Cuvier, tableau dont il est l'auteur.

M. Maurice, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un Mémoire de M. Schulten, *relatif au choc des corps solides non libres*. Les commissaires se sont plu à reconnaître, dans l'auteur du Mémoire, un homme au courant de la science et qui manie de longs calculs avec dextérité.

M. Vauquelin lit un Mémoire que nous publierons, intitulé : *Examen chimique d'une matière verte qui se forme sur l'eau minérale de Vichy*.

M. Arago communique verbalement les résultats de quelques expériences qu'il a faites sur l'influence que les métaux et beaucoup d'autres substances exercent sur l'aiguille aimantée, et qui a pour effet de diminuer rapidement l'amplitude des oscillations sans altérer sensiblement leur durée. Il promet, à ce sujet, un Mémoire détaillé.

On procède à l'élection d'un candidat demandé par le Ministre de l'Intérieur, pour la place de professeur d'histoire naturelle des médicamens, vacante à l'Ecole de Pharmacie. Sur cinquante votans, M. Pelletier réunit quarante-huit suffrages.

M. le Dr Lasserre lit un Mémoire *sur l'Opération de la taille*.

M. Bonastre présente un Mémoire *sur l'Analyse du baume de Canada.*

Séance du lundi 29 novembre.

M. Gaudin, de Nantes, adresse un Traité manuscrit d'application d'algèbre à la géométrie.

M. Lasserre continue la lecture de son Mémoire *sur l'Opération de la taille.*

Sur l'avis affirmatif de la Section d'Agriculture, l'Académie décide qu'il y a lieu à remplacer M. Thouin.

M. Laurencet lit un Mémoire *sur la Structure du cerveau.*

On nomme au scrutin la Commission qui doit présenter des candidats pour la place d'académicien libre que la mort de M. le duc de Noailles a laissée vacante. Les membres qui réunissent le plus de voix sont: MM. Le Gendre, Lacroix, Lacépède, Cuvier, Coquebert-Montbret et le duc de Larochefoucault.

M. Villermet lit un Mémoire *sur la Mortalité en France, dans la classe aisée et dans la classe indigente.*

Séance du lundi 6 décembre.

Le Ministre de l'Intérieur invite l'Académie à lui présenter un candidat pour la place de professeur actuellement vacante au Jardin du Roi par la mort de M. Thouin.

M. Loiseleur de Longchamps adresse un supplément au Mémoire qu'il a lu, *sur les moyens de faire, chaque année, plusieurs récoltes de soie.*

On annonce que M. Deschamps, membre de l'Académie, est très-gravement malade.

M. Villermé continue la lecture de son Mémoire.

M. Jomard communique une lettre relative à l'expédition de M. Beauffort en Afrique.

M. Cagniard de La Tour communique des expériences sur les cordes vibrantes.

M. de Férussac lit une Notice *sur l'animal du genre argonaute.*

La Commission nommée dans la dernière séance présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place d'académicien libre vacante :

MM. Andreossy, Rogniat et Haxo, Missiessy, Desgenettes, Dejean et Lamandé.

Les titres respectifs de ces divers candidats sont exposés et discutés.

La Section d'Economie rurale présente la liste suivante de candidats pour la place vacante dans son sein :

MM. Morel de Vindé, Michaux, Emmanuel d'Harcourt, Villemorin et Baudrillard.

On discute les titres de ces candidats.

Séance du lundi 13 décembre.

M. le Garde des Sceaux annonce à l'Académie qu'il a adopté les mesures nécessaires pour que l'impression des Mémoires soit promptement reprise, et qu'à l'avenir elle ne puisse plus être interrompue par les travaux extraordinaires que le Gouvernement fera exécuter.

M. Jules Cloquet lit un Mémoire *sur les effets et la manière d'agir de l'acuponcture.*

L'Académie va au scrutin pour la nomination d'un

académicien libre. Il y avait cinquante-huit votans. M. le général Andreossy réunit quarante-deux suffrages.

Dans le scrutin pour la nomination d'un membre de la Section d'Agriculture, M. Morel de Vindé a réuni quarante-six suffrages sur cinquante-deux votans.

M. Boscary, officier d'artillerie, présente deux Mémoires *sur la Perspective.*

M. de Ferussac lit un Mémoire *sur la Géographie des Mollusques.*

Les Sections d'Agriculture et de Botanique réunies annoncent, en comité secret, que cinq membres ont été d'avis de ne présenter qu'un candidat pour la place vacante au Jardin du Roi; que trois ont été d'avis d'en présenter deux; que la personne présentée par la majorité est M. Bosc.

L'Académie, après une discussion détaillée, décide que le nom de M. de Mirbel sera ajoutée à la liste.

Séance du lundi 20 décembre.

M. Desmoulins, qui avait lu à l'Académie, le 30 mai dernier, un Mémoire *sur les Différences existantes entre le système nerveux de la lamproie et celui des animaux vertébrés*, adresse les résultats des observations nouvelles qu'il vient de faire à Rouen.

M. Magendie lit un Mémoire *sur un Liquide qui se trouve dans la cavité du canal vertébral, et une partie de celle du crâne de l'homme et des animaux mammifères.*

On procède, par voie de scrutin, à l'élection du candidat qu'a demandé le Ministre de l'Intérieur pour la

chaire vacante au Jardin du Roi. Le nombre des votans est de cinquante-trois. M. Mirbel réunit vingt-huit suffrages, M. Bosc vingt-quatre.

M. Boscary donne lecture des Mémoires qu'il avait présentés dans la précédente séance.

Séance du lundi 27 décembre.

L'Académie, sur l'invitation du Garde des Sceaux, procède au scrutin pour la nomination d'un membre qui fera partie d'une Commission actuellement chargée de surveiller la refonte des types de l'Imprimerie royale. M. Lacroix réunit la majorité des suffrages.

M. de Delisle de Vire adresse la suite de son Histoire des lichens.

L'Académie reçoit deux Mémoires, destinés aux prix fondés par M. de Montyon, sur la mécanique et la médecine.

M. Duhamel adresse un Mémoire *relatif à l'Action que le cuivre exerce sur l'aiguille aimantée.*

M. Vauquelin fait un rapport verbal sur *le Dictionnaire de Chimie* de M. Pelletan fils.

M. Magendie communique verbalement quelques nouveaux résultats relatifs au liquide que le crâne et le canal vertébral contiennent. Il annonce un Mémoire détaillé.

M. Poisson lit un second Mémoire *sur la Théorie du magnétisme.*

M. Flourens lit un Mémoire *sur l'Encéphale des poissons.* Il communique aussi le résumé de deux travaux qu'il vient de terminer, l'un sur la cicatrisation et la régénération des parties du cerveau, l'autre sur les conditions fondamentales de l'audition.

M. Cauchy lit le préambule de deux Mémoires *relatifs à l'Intégration des équations linéaires.*

La Section d'Agriculture présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place de correspondant vacante dans son sein :

MM. Jaubert de Passa et Mathieu de Dombasle, sir John Sinclair, Bigot de Morogues, Gasparin, Giroux de Busaringue, Lair et D'Hombres Firmas.

RÉSUMÉ *des Observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Paris, en* 1824.

TABLEAU *de la marche moyenne du thermomètre centigrade et de l'hygromètre de* Saussure.

Noms des mois.	Températures moyennes.	Température moyenne de 9 heures du matin.	Température moyenne des caves.	Etat moyen de l'hygrom. de Saussure, à 3 heures après midi.
Janvier.	+ 2°,7	+ 2°,2	12°,117	91°
Février.	+ 5,1	+ 4,0	12,111	87
Mars.	+ 5,8	+ 5,7	12,112	78
Avril.	+ 9,0	+ 10,1	12,120	71
Mai.	+ 12,6	+ 14,0	12,121	77
Juin.	+ 16,5	+ 18,6	12,133	75
Juillet.	+ 18,7	+ 20,5	12,138	69
Août.	+ 18,4	+ 19,8	12,135	73
Septemb.	+ 16,5	+ 17,7	12,135	75
Octobre.	+ 11,9	+ 11,8	12,132	81
Novemb.	+ 9,6	+ 8,9	12,137	87
Décemb.	+ 7,1	+ 6,5	12,139	92
Moyenn.	+ 11,16	+ 11,65	12,127	80°

On voit, dans cette table, que la température moyenne du mois d'octobre diffère plus de celle de l'année que cela n'a lieu ordinairement, et que les seules observations de 9 heures du matin donnent, à un demi-degré près, la moyenne annuelle. L'accord est moins grand si on compare les moyennes des divers mois.

TABLEAU *des* maxima *et des* minima *moyens du thermomètre centigrade, en* 1824.

NOMS DES MOIS.	MAXIMUM moyen.	MINIMUM moyen.	DIFFÉRENCES.
Janvier.	+ 4°,6	+ 0°,8	3°,8
Février.	+ 7,9	+ 2,4	5,5
Mars.	+ 8,5	+ 3,0	5,5
Avril.	+ 13,5	+ 4,6	8,9
Mai.	+ 16,6	+ 8,6	8,0
Juin.	+ 21,3	+ 11,7	9,6
Juillet.	+ 23,4	+ 14,1	9,3
Août.	+ 22,9	+ 13,9	9,0
Septembre.	+ 21,0	+ 12,1	8,9
Octobre.	+ 15,2	+ 8,6	6,6
Novembre.	+ 12,0	+ 7,2	4,8
Décembre.	+ 9,4	+ 4,7	4,7

TABLEAU *des variations extrêmes du thermomètre centigrade, durant chaque mois de l'année* 1824.

NOMS DES MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFÉRENCES.
Janvier.	+ 11°,8	— 4°,8	16°,6
Février.	+ 12,0	— 3,0	15,0
Mars.	+ 15,0	— 2,3	17,3
Avril.	+ 25,0	— 0,8	25,8
Mai.	+ 23,0	+ 5,0	18,0
Juin.	+ 28,8	+ 6,7	22,1
Juillet.	+ 35,3	+ 14,1	21,2
Août.	+ 28,9	+ 13,9	15,0
Septembre.	+ 29,3	+ 4,8	24,5
Octobre.	+ 21,0	+ 0,5	20,5
Novembre.	+ 16,1	— 0,2	16,3
Décembre.	+ 13,0	— 3,0	16,0

Les températures extrêmes, en 1824, ont été —4°,8 et +35°,3, d'où il résulte que le thermomètre exposé à l'ombre et au nord a parcouru un intervalle de 40°,1 centigrades.

Dans les caves, à 86 pieds de profondeur, la variation du thermomètre n'a été que de $\frac{3}{100}$ de degré. Je dois rappeler qu'à cause d'une erreur de graduation, il faut retrancher 0°,38 de la moyenne pour avoir un résultat exact. En 1824, la température des souterrains de l'Observatoire, ainsi corrigée, est égale à +11°,747 centigrades.

Tableau *des plus grandes variations que le thermomètre centigrade ait éprouvées en vingt-quatre heures, dans tous les mois de 1824.*

NOMS DES MOIS.	PLUS GRANDE VARIATION EN UN JOUR.
Janvier.	10°,2
Février.	9,7
Mars.	10,6
Avril.	15,8
Mai.	15,0
Juin.	13,5
Juillet.	16,4
Août.	14,0
Septembre.	13,0
Octobre.	12,3
Novembre.	9,2
Décembre.	9,5.

Tableau *de la marche moyenne du baromètre en 1824.*

(Toutes les hauteurs sont réduites à 0° de température.)

Mois.	9 heur. du matin.	Midi.	3 heur. du soir.	9 heur. du soir.
	mm	mm	mm	mm
Janvier.	761,40	760,84	760,45	760,81
Février.	754,45	754,45	753,75	753,86
Mars.	754,34	753,99	753,28	753,78
Avril.	755,27	754,82	754,39	755,27
Mai.	755,81	755,78	755,32	755,46
Juin.	754,36	754,16	753,64	753,83
Juillet.	758,27	758,05	757,55	757,59
Août.	756,71	756,44	756,09	756,30
Septem.	756,20	755,90	755,31	755 42
Octobr.	751,16	751,01	750,57	750,95
Novem.	753,59	753,50	753,10	753,08
Décem.	757,86	757,53	757,21	758,29
Moyen.	755,78	755,54	755,05	755,39

On voit, par cette table, que le mouvement *descendant* du baromètre, de 9 heures du matin à 3 heures après midi, a été observé dans *tous* les mois de l'année 1824. Quant au mouvement ascendant du soir, il a manqué en novembre, et a été presque insensible dans les mois de juillet et de décembre.

TABLEAU *des oscillations extrêmes du baromètre.*

MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFÉRENCES.
	mm	mm	mm
Janvier.	771,98	730,71	41,27
Février.	772,10	731,55	40,55
Mars.	766,00	732,20	33,80
Avril.	766,87	736,50	30,37
Mai.	773,24	744,10	29,14
Juin.	762,58	741,07	21,51
Juillet.	768,58	746,56	22,02
Août.	764,06	748,35	15,71
Septembre.	762,76	746,36	16,40
Octobre.	765,42	728,66	36,76
Novembre.	765,06	732,40	32,66
Décembre.	771,62	738,85	32,77

TABLEAU *de la quantité de pluie qu'on a recueillie en 1824 à l'Observatoire royal, tant sur la terrasse que dans la cour.*

(La différence de niveau des deux récipiens est de 28 mètres.)

NOMS des Mois.	PLUIE sur la terrasse, en centimètres.	PLUIE dans la cour; en centimètres.	NOMBRE de jours de pluie.
	c.	c.	
Janvier.	2,860	3,370	10
Février.	3,630	4,093	14
Mars.	5,265	6,135	18
Avril.	3,445	3,715	11
Mai.	6,581	7,598	17
Juin.	4,175	4,745	15
Juillet.	3,635	3,980	18
Août.	5,275	5,815	17
Septembre.	6,580	7,100	11
Octobre.	8,958	10,985	19
Novembre.	3,600	4,345	22
Décembre.	2,748	3,300	20
Sommes.	56,752	65,181	192

Etat *des crues de la Seine, en 1824, observées au pont de la Tournelle.*

NOMS des Mois.	MAXIMUM de hauteur.	MINIMUM de hauteur.
Janvier.	2m,92, le 5.	1m,15, le 22.
Février.	2,02, le 23.	1,44, le 14.
Mars.	3,20, le 15.	1,63, le 31.
Avril.	2,29, le 21.	1,54, le 2.
Mai.	3,10, le 26.	1,10, le 13.
Juin.	2,49, le 1er.	1,05, le 24.
Juillet.	0,99, le 1er.	0,39, le 30.
Août.	0,54, le 29.	0,31, le 10.
Septembre.	0,59, le 15.	0,35, le 4.
Octobre,	2,40, le 31.	0,39, le 1er.
Novembre.	4,41, le 9.	2,51, le 25.
Décembre.	3,30, le 31.	2,25, le 22.

L'eau moyenne a été, en 1824, de 1m,62 au-dessus du zéro de l'échelle du pont de la Tournelle.

Etat *des vents, à Paris, en 1824.*

Mois.	Nord.	Nord-E.	Est.	Sud.-E.	Sud.	Sud-O.	Ouest.	Nord-O.
Janv.	6	3	2	1	6	3	3	7
Févr.	3	1	9	2	4	3	3	4
Mars.	8	1	1	1	4	2	6	8
Avril.	6	1	2	1	4	6	6	4
Mai.	7	3	2	0	3	5	6	5
Juin.	10	0	1	2	6	6	4	1
Juill.	8	1	2	0	4	9	7	0
Août.	5	2	1	0	2	16	5	0
Sept.	0	2	2	4	7	6	7	2
Oct.	0	0	0	4	15	1	6	5
Nov.	0	0	0	0	12	7	10	1
Déc.	0	0	0	1	7	15	6	2
Som.	53	14	22	16	74	79	69	39

ETAT *du ciel, à Paris, en* 1824.

Il y a eu, cette année, à Paris :

192 jours de pluie ;

13 jours de neige ;

11 jours de grêle ou grésil ;

45 jours de gelée ;

9 jours de tonnerre ;

Et 224 jours durant lesquels le ciel a été presque entièrement couvert.

Les inondations ont occasioné, cette année, de grands malheurs dans les environs de Strasbourg, en Lorraine et en Allemagne. La fin du mois d'octobre avait été très-pluvieuse ; plus tard, de violens orages s'étendirent du Haut-Rhin jusqu'au Palatinat, et durent répandre en peu de temps sur le sol les immenses nappes d'eau qui ont fait déborder presque toutes les rivières. Les habitans des contrées que le fléau a ravagées n'ont pas adopté cette explication. Ils se sont généralement persuadés que des commotions et des eaux souterraines y ont eu une grande part. Aussi a-t-on lu, coup sur coup, dans les journaux des départemens, le récit d'événemens fort extraordinaires, que la crédulité et l'exagération ont sans doute altérés. Ici, un cultivateur (à *Naderweiler*) a vu ses bœufs, qui marchaient à quelques pas devant lui, disparaître en un clin d'œil sous la terre : un ruisseau nouvellement formé *coulait rapidement* au fond de l'espèce d'abîme qui venait de s'entr'ouvrir. Ailleurs, des collines très-hautes se sont subitement abaissées de

plusieurs pieds, etc., etc. Espérons que l'autorité locale fera rédiger, sur les lieux, un rapport authentique qui présentera tous ces phénomènes dans leur vrai jour.

La quantité de pluie recueillie cette année, à Paris, surpasse la valeur moyenne d'environ un cinquième du total.

En octobre 1823, il était tombé, dans le récipient de la cour de l'Observatoire, 49 millimètres d'eau; en 1824, on en a recueilli 110 millimètres.

L'eau *maximum* de la Seine s'éleva, en novembre 1823, sur l'échelle du pont de la Tournelle, à $0^m,44$. Dans le même mois, en 1824, elle est montée jusqu'à $4^m,41$, c'est-à-dire, 12 pieds plus haut.

L'*eau moyenne* de la Seine, en 1823, fut de $1^m,02$.
Elle a été, en 1824, de.................. $1^m,62$.

Terme moyen, il y a, à Paris, par année, 139 jours de pluie.

En 1823, on en avait compté........... 175

Ce nombre, en 1824, s'est élevé à..... 192.

Ainsi, à Paris et dans toute la région dont les cours d'eau alimentent la Seine, l'année 1824 a dû être considérée comme très-pluvieuse, quoiqu'on n'ait pas eu à y déplorer des désastres semblables à ceux qui ont ruiné un si grand nombre d'habitans du département du Bas-Rhin.

SUPPLÉMENT *à la Liste des Tremblemens de terre insérée dans le* XXIVe *volume.*

Le 10 février 1823, EN MER, par 1°.15′ de latitude nord et 84°.6′ de longit. E. de Greenwich, le

vaisseau l'*Orphée* ressentit deux secousses de tremblement de terre. On crut qu'il avait touché sur un banc ; un bruit confus s'entendit pendant plus d'une minute. La mer était et resta calme ; le navire demeura parfaitement vertical ; et telle fut cependant, dans ce sens, la grandeur de l'oscillation, que la rosette d'une des boussoles sortit des pointes qui la soutenaient.

Le 11 novembre 1823, 5 heures 45 minutes du matin. *Antilles.* Deux secousses fortes et remarquablement longues. Aucun accident notable.

Le 13 décembre 1823, une heure du matin. *Antilles.* Deux secousses.

Tremblemens de terre en 1824.

Le 5 janvier, entre 3 heures et 4 heures du matin. *Trinidad.* Secousse assez forte.

Le 6 janvier, 5 heures et demie du matin. *Berguen* en Norwège. Fortes secousses dirigées du S. O. au N. E. Bruit souterrain qui dura plus d'une minute.

Le 11 février. *Irkuts* (Sibérie). Légère secousse.

Le 21 février, à 8 heures du soir. *Sainte-Maure.* Violente secousse ; beaucoup de bâtimens endommagés.

Le 10 avril, peu de minutes avant 10 heures du soir. *Kingston* et différens points de la Jamaïque. Très-forte secousse, précédée d'un vent violent et accompagnée d'un bruit souterrain intense. Trois ou quatre maisons s'écroulèrent.

Du 10 au 15 avril. *Jamaïque.* Secousses plus petites que celles du 10.

Le 20 avril, vers 3 heures du matin. *Saint-Thomas.* Terrible tremblement de terre. Bruit semblable au tonnerre. Beaucoup de personnes ont été renversées de leur lit. Un bâtiment s'est englouti par suite de la commotion.

Le ... avril. *Chiraz* (Perse). Tremblement de terre qui a duré six jours sans interruption, et a englouti plus de la moitié de la ville. Le reste est renversé. On rapporte que 500 habitans seulement ont échappé à cette catastrophe.

Plusieurs des montages voisines de *Kazroun* se sont affaissées, dit-on, de manière qu'il n'en reste plus de traces.

Le 31 mai, 4 heures du soir. *Bury.* Légère secousse.

Le 9 juillet. *New-Brunswick.* Forte secousse, accompagnée d'une détonation semblable à celle d'une pièce de canon.

Le 18 juillet, à 10 heures 20 ou 25 minutes du soir. Département des Pyrénées orientales; département de l'Aude; *Réalmont*, dans le département du Tarn, etc.

En Roussillon, la secousse parut dirigée du N. E. au S. O.; elle dura 4″ ou 5″. A Collioure, un bruit souterrain précéda le phénomène et se prolongea 4″ ou 5″ après. A Mont-Louis, le ciel avait été constamment pur et l'air calme toute la journée; mais, immédiatement après la secousse, il s'éleva un violent ouragan. A Perpignan, le thermomètre était monté, dans la soirée, jus-

qu'à près de 35° centigrades ; l'atmosphère semblait remplie de vapeurs brûlantes : on ne pouvait s'exposer à l'air libre sans être gravement affecté. A Carcassonne, la secousse fut accompagnée d'un sifflement de vent impétueux que les habitans ont comparé au bruit d'une fusée. Tous les points de l'horizon avaient été sillonnés dans la journée par des éclairs qui n'étaient pas suivis de détonation.

Le 19 juillet, 5 heures du matin. *Lisbonne.* Légère secousse. Le thermomètre, à l'ombre, s'éleva à + 40°,5 centigr.

Le 1er et le 2 août. *Grenade* (Espagne). *Huit* secousses de tremblement de terre.

Le 8 août, dans la matinée. *Comrie* (Perthshire). Forte secousse. Le bruit a été comparé par les habitans à celui que produirait une lourde voiture roulant sur le pavé.

Du 12 au 13 août, dans la matinée. *San Pietro in Bagno* (grand duché de Toscane). Une vingtaine de secousses parmi lesquelles trois seulement eurent assez de force pour faire sonner les cloches de l'église. Le jour et la nuit suivans, les secousses recommencèrent, mais sans produire aucun effet bien notable.

Avant que ces phénomènes se manifestassent, on avait remarqué dans l'atmosphère, et principalement autour du soleil, un brouillard d'une nature particulière.

Le 18 août. *Harderwyck* (Gueldre). Secousse dirigée vers le sud-ouest. Grand bruit semblable à celui

d'une voiture roulant rapidement sur un pavé inégal.

Le 9 septembre, à 10 heures du soir. *Basse-Terre* (Guadeloupe). Plusieurs secousses.

Le 29 octobre, 8 heures et quelques minutes du soir. *Chambéry* et les environs. Légère secousse.

Le 6 décembre, à une heure trois quarts. *Portsmouth*. Légère secousse.

A la fin de décembre. *Hambourg*. Légère secousse.

Sur *les Effets des tremblemens de terre qu'on a ressentis au Chili, en novembre* 1822.

Nous avons déjà parlé des tremblemens de terre qui détruisirent, presqu'en entier, la ville de Copiapo en novembre 1822. Les relations de ces phénomènes, publiées par plusieurs Européens actuellement établis au Chili, renferment plusieurs particularités fort curieuses qu'il me semble convenable de consigner ici.

« Sur quelques points le terrain paraît avoir éprouvé » pendant la secousse un mouvement de rotation! » Voici les faits sur lesquels cette assertion se fonde :

Des murs et des maisons, après l'événement, étaient tournés en rond. (Je regrette que cette expression des relations originales manque de précision.)

A *Quintero*, à dix milles au nord de *Concon* (situé à l'embouchure du *Rio-Quillota*), sont plusieurs gros palmiers; trois d'entr'eux, à la suite du tremblement, s'étaient enroulés les uns sur les autres comme des baguettes de saule.

Ce qui prouve encore le mouvement de rotation, c'est que chacun de ces arbres avait balayé un petit espace autour de sa tige.

« Le terrain avait été soulevé de deux à quatre pieds » le long de la côte, et de six ou sept à un mille de » distance dans l'intérieur : il n'a pas encore repris son » ancien niveau ! »

Sur une côte où la marée ne monte jamais que de quatre ou cinq pieds, tout soulèvement du sol est facile à constater. On voit d'ailleurs à *Valparaïso*, près de l'embouchure du *Concon*, et le long du rivage de la mer, au nord de *Quintero*, des rochers qui ne s'apercevaient en aucune manière avant le tremblement de terre. Un vaisseau qui s'était brisé sur la côte, et qu'on pouvait approcher en bateau dans les basses eaux, est maintenant accessible à pied sec.

Dans le sol alluvial de la rivière Quillota, on voyait plusieurs bancs de sable récens. Chacun avait un creux au centre, comme le cratère d'un volcan : on observa le même phénomène en plusieurs endroits. Dans quelques localités, de grandes quantités d'une vase légère avaient été soulevées et dispersées fort loin.

A *Valdivia*, par 39°.59′ de latitude sud, on n'éprouva qu'une secousse un peu forte; mais au moment où elle eut lieu, deux volcans du voisinage firent tout-à-coup éruption avec un grand bruit, éclairèrent toute la contrée environnante pendant quelques secondes, et rentrèrent ensuite dans leur ancien état de tranquillité.

Le 27 novembre, huit jours après la forte secousse, il y eut, dans une grande étendue du Chili, des pluies abondantes accompagnées de violens tourbillons. Jamais,

dans ce pays, il n'était tombé auparavant de la pluie en novembre. Le tremblement de terre avait dû conséquemment apporter dans l'atmosphère de la contrée des modifications notables.

Eruption *du volcan de l'île de Lancerotte, l'une des Canaries.*

Une lettre apportée par un navire venant des Canaries à Marseille, et écrite le 27 septembre 1824 par un officier d'artillerie, contient les nouvelles suivantes :

« Le 29 août dernier, on éprouva pendant la matinée, au port du Récif et dans les environs, des tremblemens de terre qui devinrent plus terribles dans la nuit. Ils augmentèrent de force le 30, avec accompagnement de bruits souterrains. La nuit du 30 fut encore plus affreuse; les bruits souterrains, par leur extension, jetèrent l'épouvante dans l'âme des habitans de la capitale de l'île et des villages environnans; tous abandonnèrent leurs maisons, saisis d'effroi.

» Le 31, à sept heures du matin, à la suite d'un tremblement de terre des plus violens et d'un bruit souterrain plus fort encore, un volcan a éclaté à une lieue du port du Récif, et à une demi-lieue de la montagne dite *Fanna*. Il vomit par son cratère des torrens de flammes qui éclairèrent toute l'île, des pierres d'une grandeur énorme, rougies par le feu, en si grande quantité, qu'en moins de vingt-quatre heures elles formèrent, par leur réunion, une montagne considérable. Cette éruption dura jusqu'à dix heures du matin du 1er septembre; alors le volcan parut se fermer et ne laisser que des crevasses d'où s'é-

chappait une fumée épaisse qui couvrait tous les environs. Le 2 au matin, il se forma trois grandes colonnes de fumée, chacune d'une couleur différente : la première offrait une blancheur parfaite, l'autre était noire, et la troisième, plus éloignée, paraissait rouge. Le volcan brûle encore sur une demi-lieue de long, et un quart de lieue de large. La montagne nouvellement formée paraît être inaccessible et ne laisse apercevoir des crevasses en aucune direction. Le 3 septembre, tout était dans le même état ; beaucoup de puits et de citernes se trouvaient entièrement taris. »

Le correspondant reprend sa lettre, et annonce que depuis le 4 il est sorti constamment du volcan une grande colonne de fumée ; enfin, que le 22 septembre, à sept heures du matin, il a éclaté de nouveau et a vomi par son cratère une quantité d'eau si considérable, qu'elle a formé un grand ruisseau, lequel a diminué le 23 et insensiblement jusqu'au 26, époque où l'on n'apercevait plus qu'un filet d'eau.

Au départ du navire qui a apporté ces lettres, le volcan ne jetait plus de flammes, mais brûlait toujours ; les bruits souterrains et les tremblemens de terre continuaient.

Volcans d'Islande.

Suivant ce qu'ont rapporté plusieurs journaux scientifiques, les éruptions ignées des volcans d'Islande, dont il a été question dans le résumé de l'an dernier, se sont terminées par d'abondantes éjections d'eau. Nous regret-

tons de n'avoir pas pu encore nous procurer des documens précis à ce sujet.

Les gazettes ont annoncé que le *Donnersberg* (ancien département du Mont-Tonnerre) a jeté des flammes par des crevasses qui se sont formées sur ses flancs et à son sommet, dans le mois de novembre 1824, et qu'un bruit souterrain s'était fait entendre plusieurs jours avant l'éruption. D'après les derniers renseignemens que nous avons reçus, il paraît qu'en effet on a entendu de fortes détonations du côté de la montagne : mais la nouvelle de la sortie de flammes est controuvée.

Météores lumineux.

Le 17 avril 1824, à 10 heures un quart du soir, on aperçut du village de *Upper-Kinneil*, paroisse de *Borrow-Stowness* (Angleterre), un météore lumineux qui répandait dans l'atmosphère une vive clarté. Il se mouvait avec une rapidité extraordinaire dans la direction du sud, laissant après lui une traînée d'étincelles.

Un voyageur rapporte qu'en traversant les Alpes dans la nuit du 11 au 12 août 1824, il a aperçu un globe de feu qui répandait la plus vive clarté sur l'atmosphère. Le phénomène a duré trois minutes.

Aërolithe, en Amérique.

Cet aërolithe tomba, le 7 août 1823, entre quatre et cinq heures du soir, à Nobleborough, état du Maine.

Le ciel était parfaitement calme et serein ; on entendit un bruit semblable à celui d'un feu de peloton ; il parais-

sait venir d'un nuage qui se forma subitement au zénith, et prit un mouvement de rotation rapide. L'aërolithe pénétra d'environ 6 pouces dans la terre; une pierre qu'il rencontra occasiona sa rupture. Il devait peser avant cela 5 à 6 livres. Une heure après sa chute, il exhalait une forte odeur sulfureuse.

L'aërolithe est couvert extérieurement d'une croûte mince, noire, demi-vitreuse et assez dure. La masse est d'un gris léger avec des veines de blanc; sa texture est molle; elle se brise aisément entre les doigts. On aperçoit çà et là une substance jaune ressemblant à de l'olivine. La pesanteur spécifique est 2,5. L'analyse du professeur Cleaveland a donné les résultats suivans :

Silice.........	29,5 ;
Magnésie......	24,8 ;
Soufre........	18,3 ;
Fer...........	14,9 ;
Alumine......	4,7 ;
Chrôme.......	4,0 ;
Nickel........	2,3 ;
Perte	1,5.
Somme......	100,0.

(*Ann. of philos.* Mars 1824.)

Sur *la Force des ouragans connus, en Suisse, sous le nom d'*avalanches en poussière (*Staub-Lavinen*).

Ces soi-disant avalanches sont en réalité des ouragans chargés d'une immense quantité de neige fine. Le pasteur de Guttannen, M. Schweitzer, rapporte que, dans l'hiver

de 1823 à 1824, une pierre que deux hommes vigoureux ne peuvent remuer, et qui doit peser de 12 à 14 quintaux, a été élevée en l'air par une *staub-lavine*, et lancée d'une rive de l'Aar sur la rive opposée !

(*Ann. des Voy.*, t. XXII, p. 283.)

Phénomène présenté par un lac.

Le 19 juillet 1824, après un orage, les eaux du lac de Massaciuccoli, dans le territoire de Lucques, se colorèrent comme si on y avait dissous du savon ou éteint de la chaux. Elles restèrent dans cet état pendant toute la journée du 20. Le 21, on vit une immense quantité de poissons, grands et petits, morts sur l'eau. Pour prévenir l'infection de l'air, on fut obligé de les faire enterrer.

Taches solaires en 1824.

J'ai déjà expliqué le but que nous nous proposons en consignant, chaque année, dans les *Annales*, une note relative aux changemens survenus à la surface du soleil. Si depuis un siècle de semblables documens avaient été régulièrement publiés, ils serviraient maintenant à apprécier l'influence que peuvent avoir les taches sur les températures terrestres.

Janvier, le 10. Une grande tache, qui s'était montrée le 29 décembre 1823, se voyait encore.

Février et mars. Point de taches.

Avril, le 2. On voit un groupe de taches près du bord oriental du soleil ; il ne s'était pas encore dissipé le 5.

Avril, le 21, à midi. Une tache fort grande commençait à se dégager du bord oriental du soleil; les 25 et 27, elle s'était divisée en trois petits noyaux, sans pénombre et disposés à-peu-près en ligne droite. Le 29, on n'apercevait plus aucune tache dans toute l'étendue du disque solaire.

Mai, le 25, à midi. M. Gambart remarqua, à Marseille, deux taches solaires, très-voisines l'une de l'autre, et qui passaient au méridien, 12″ après le bord occidental de l'astre. Le mauvais temps n'avait pas permis de les voir à Paris; mais le 27, à midi, on aperçut la plus orientale des deux quand elle commençait à passer dans le second hémisphère du soleil.

Juin, juillet et août. Aucune tache ne s'est montrée durant ces trois mois.

Septembre, le 18, à midi. On voyait, à 3″ de temps du bord oriental du soleil, une grande tache noire située au milieu d'un groupe de facules. Plus près du même bord, mais par une déclinaison un peu différente, deux autres taches, d'assez médiocre étendue, commençaient à s'apercevoir.

Le 22. Toutes ces taches sont encore visibles, et de plus il s'en est formé deux nouvelles un peu au-dessous du centre de l'astre.

Octobre, le 3, à 3 heures de l'après-midi. On a aperçu deux groupes de taches : l'un, très-voisin du bord occidental du soleil, se composait de deux taches noires situées au milieu d'un grand

nombre de belles facules. Dans l'autre, plus rapproché du centre, il y avait sept petites taches noires, placées à la suite d'une tache de même nature, mais de plus grandes dimensions, et entourée d'une pénombre sensible; on n'y remarquait aucune facule.

Octobre, le 4. Le premier groupe s'était déjà caché. L'autre, en se rapprochant du bord, avait changé d'aspect. On commençait à voir des facules dans l'espace occupé par les petites taches noires.

——, le 15. Il y avait sur le soleil un groupe composé de trois taches. Le 18, l'une d'elles s'était *dissipée* : il n'en restait plus que deux. Le 21, elles étaient passées dans l'hémisphère opposé.

——, le 19. Deux taches fort grandes commençaient à se détacher du bord oriental du soleil. Le 21, elles avaient déjà changé de forme. Le 25, après que le groupe eut dépassé le centre, il se composait de deux larges noyaux, entourés de pénombres et de plusieurs taches noires de moindres dimensions.

Novembre et décembre. Point de taches. Le temps a été si peu favorable aux recherches astronomiques à la fin de 1824, que nous n'aurions pas osé comprendre novembre et décembre dans notre résumé, si M. Gambart n'avait écrit de Marseille, où le ciel a été souvent serein, que là même on n'a aperçu aucune tache sur le soleil durant ces deux mois.

Comètes.

Les astronomes ont calculé l'orbite de la comète découverte en décembre 1823, et dont nous avons annoncé l'apparition dans le résumé de l'an dernier. Les élémens paraboliques ne ressemblent point à ceux des comètes anciennement observées. Pendant quelques jours, la forme de cet astre a été très-singulière :

D'après une opinion généralement reçue parmi les observateurs, les queues des comètes sont toujours opposées au Soleil : leur position ne dépend aucunement de la direction suivant laquelle l'astre se meut. Quoiqu'on n'ait pas trouvé jusqu'ici une explication satisfaisante de ce phénomène, on s'était néanmoins accordé à reconnaître que l'impulsion des rayons solaires devait y avoir une grande part; mais la comète de 1823 est venue ajouter de nouvelles difficultés à celles qui déjà avaient arrêté ceux dont ce problème a exercé la sagacité.

Le 23 janvier 1824, la comète, outre sa queue ordinaire opposée au Soleil, en avait une autre *dirigée vers cet astre*, ce qui lui donnait quelque ressemblance avec la grande nébuleuse d'Andromède. La première queue paraissait embrasser un espace d'environ 5°; la seconde ne se voyait guère que dans une étendue de 4°; les axes n'étaient pas exactement placés sur la même ligne, mais l'angle qu'ils formaient entre eux différait peu de 180°. Près de la comète, la queue extraordinaire se voyait à peine; le *maximum* d'éclat était à 2° de distance du noyau. Dans les premiers jours de février, on n'apercevait plus que la queue opposée au soleil; l'autre avait disparu ou s'était tellement affaiblie, que les meilleures lunettes de nuit, par le temps le plus serein, n'en présentaient aucune trace.

Les résultats qui précèdent sont le résumé des observations faites à Paris, Marseille, Marlia, Bremen, Gottingue et Prague. Aucune comète observée jusqu'à ce jour n'avait présenté une forme aussi bizarre. Dans celle de 1744, il est vrai, on distinguait six queues que séparaient des espaces totalement obscurs; mais elles étaient toutes

à l'opposite du soleil, et l'angle formé par les deux extrêmes ne surpassait pas 60 degrés.

La théorie des mouvemens des comètes est à-peu-près complète; nous avons au contraire fort peu de notions précises sur la constitution physique de ces astres. C'est un problème qui mérite de fixer l'attention des physiciens, et dont l'étude des propriétés des gaz nous révèlera peut-être un jour le mystère.

Comète du mois de juillet 1824.

La comète découverte en juillet 1824, par MM. Pons et Gambart, a été visible fort long temps. Voici les élémens paraboliques que M. Bouvard a déduits, d'une longue série d'observations distribuées sur un arc de 111°. Ils ne ressemblent point à ceux des comètes connues :

Passage au pérhélie, 29 septembre, 56192, temps moyen, compté de minuit.

Distance périhélie....................	1,0499075.
Longitude du périhélie.................	4°.31'.44".
Longitude du nœud....................	279.17.40.
Inclinaison de l'orbite..................	54.36.40.
Sens du mouvement.....................	direct.

Inondation de Pétersbourg.

Le 19 novembre 1824, le vent du N. O., soufflant avec une grande violence dans la direction du cours de la Newa, empêcha, d'une part, l'eau du fleuve de s'écouler, et de l'autre, éleva tellement le niveau de la Baltique sur toute sa côte orientale, qu'il en résulta d'épouvantables inondations. A Cronstadt, ce changement de niveau, entre 10 heures du matin et 3 heures de l'après-midi, fut de 11 pieds et demi; une grande portion des remparts a été détruite. A Pétersbourg, l'eau s'éleva à la

hauteur de 5 pieds dans les rues les plus reculées de la ville. Un quartier, peuplé avant l'événement par plus de 40000 personnes, est maintenant un vaste désert. Quelques relations particulières portent à 8 ou 10 mille le nombre des individus dont cette catastrophe a occasioné la mort. D'après le rapport officiel du Ministre de l'Intérieur, il ne se serait noyé que 500 personnes.

Déjà, le 18 novembre, le même ouragan avait déraciné 3000 pieds d'arbres dans un des domaines de la couronne de Suède, près de Stockholm; 15000 à Leufstadt, chez le comte de Geer, et 40000 dans les bois de la commune d'Orebro.

Quelques personnes ne paraissent pas croire que l'action du vent ait pu seule accumuler la grande masse d'eau qui a occasioné l'inondation de Petersbourg; mais ce doute ne viendra certainement pas à l'esprit de ceux qui, sur les rivages de l'Océan, ont eu l'occasion de remarquer combien la marée calculée diffère, en plus ou en moins, de la marée observée, suivant que le vent a soufflé de la mer vers la côte ou dans une direction opposée. J'ajouterai, comme exemple relatif aux mers où il n'y a pas de marée, que sur la côte sud de l'Asie mineure le niveau des eaux, quand le vent du nord souffle, est de 3 à 4 pieds plus bas que par un vent du sud. (Cap Beaufort. *Caramanie.*)

Sur *la Neige rouge des Alpes.*

(Nous avons déjà publié divers articles relatifs aux neiges rouges. D'après les recherches de M. Bauer, cette teinte, dans les régions polaires, est due à un genre particulier de champignons auquel cet habile naturaliste a donné le nom d'*uredo nivalis*, parce qu'il ne fructifie que sur la neige. M. Peschier, de Genève, auteur d'une Analyse de la neige rouge du Saint-Bernard, dont on

trouvera les résultats, tome XXI, page 419, vient de découvrir que, dans les Alpes, comme dans la baie de Baffin, ce phénomène de coloration provient de la présence d'une substance organique végétale. Je transcris ici la note qu'il a insérée, à ce sujet, dans la *Bibliothèque universelle*, octobre 1824) :

« Voici maintenant la solution du problème relatif à la neige rouge des Alpes : Je reçus, en septembre, de M. Barras, chanoine de l'hospice du Saint-Bernard, une petite bouteille d'eau, recueillie de la fonte de cette neige ; le billet qui l'accompagnait portait que les taches de neige rouge prennent une teinte foncée à mesure que la saison avance ; que celle d'où provenait l'eau qu'il m'adressait avait une couleur café à la surface ; mais qu'après en avoir enlevé deux pouces environ, il avait retrouvé la teinte rouge. Un dépôt couleur de terre humide occupait le fond de la bouteille, qui était carrée. En la couchant sur son côté, je fus surpris de voir que le dépôt réfléchissait une couleur analogue à celle de la neige ; et l'ayant examiné avec MM. Prévost et de Candolle à l'aide du microscope d'Amici, armé d'un grossissement linéaire de 400, nous reconnûmes que la teinte rouge était due à la présence de petits globes sphériques, d'un rouge vif, qui étaient entourés d'une membrane gélatineuse, transparente, légèrement jaunâtre ; que leur grosseur variait en 3 et 6 millimètres de diamètre (apparent) ; qu'ils se disposaient, en certains cas, en rangées qui représentaient des fibres, et qu'ils se trouvaient mélangés de débris de mousse et de poussière détachée des rochers. Nous observâmes comparativement le dépôt formé dans l'eau de la neige rouge du pôle, rapportée

par le capitaine Ross, dont M. de Candolle possède une petite quantité, et nous reconnûmes que les globules qui s'y trouvent étaient parfaitement identiques avec ceux de la neige des Alpes, en sorte que ses taches sont dues au développement de ce genre de plantes. M. de Candolle, les ayant bien étudiées, ne peut les envisager comme appartenant aux *uredo*, mais plutôt comme formant un genre nouveau. »

DÉCOUVERTES GÉOGRAPHIQUES.

Rivière-Brisbane, dans la Nouvelle-Hollande.

Cette rivière, la plus considérable qu'on ait encore reconnue dans la Nouvelle-Hollande, a été découverte en décembre 1823. Elle décharge ses eaux dans la baie Moreton, par 27°. 35′ de latitude sud. M. Oxley l'a remontée jusqu'à cinquante milles de son embouchure, et a trouvé, dans toute cette étendue, plus de 15 pieds d'eau. Il ne doute pas, d'après l'aspect du pays, qu'elle ne soit navigable pour de gros bâtimens jusqu'à 50 milles au-delà du point où le manque de provisions le força de s'arrêter.

La contrée que traverse la rivière Brisbane est presque plate, et semble propre à la culture de toutes les plantes équinoxiales.

Découverte de l'île Hunter.

Le 20 juillet 1823, le capitaine Hunter du navire la *Donna Carmelita*, a découvert, par 15°. 31′ de latitude méridionale et 176°. 11′ de longitude orientale, comptée

de Greenwich, une île nouvelle, assez peuplée et bien cultivée. Il l'a appelée l'*île Hunter*. Les habitans sont entièrement nus; ils ont tous, hommes et femmes, le petit doigt de la main gauche coupé à la seconde phalange. Leurs pirogues sont jolies et ornées de coquillages.

Découverte d'un grand lac dans l'intérieur de l'Afrique.

Trois voyageurs anglais, MM. Denham, Clapperton et Oudney, ont découvert, au centre du royaume de Bornou, un grand lac nommé dans le pays *le Tsaad*, et dont l'étendue du nord au sud doit être au moins de 90 lieues. Deux rivières considérables s'y jettent; l'une s'appelle *le Shary*; elle vient du sud, a plus d'un mille de large, et est remplie d'îles basses. L'autre rivière vient de l'ouest, et porte le nom d'*Yaou*. Quoiqu'elle ait très-peu de largeur, quelques personnes supposent que c'est le fameux Niger.

Le Tsaad est parsemé d'îles dans lesquelles on voit paître des éléphans parmi de grands roseaux.

Sur *la Température de l'hémisphère austral.*

L'hémisphère austral du globe est plus froid, à parité de latitude, que l'hémisphère nord : les recherches des voyageurs l'ont parfaitement constaté; mais à quelle distance de l'équateur cette différence de température commence-t-elle à être sensible, car à l'équateur même elle ne paraît pas avoir lieu? Les observations météorologiques faites au midi de la ligne équinoxiale, ne

sont ni assez précises ni assez nombreuses pour qu'on puisse maintenant répondre avec certitude à cette question. Il importe donc de recueillir avec soin les données qui permettront un jour de soumettre à une discussion exacte les causes variées qui ont amené une aussi remarquable différence entre les deux hémisphères. Tel est au moins le motif qui m'a déterminé à transcrire ici les résultats des :

Observations faites, pendant douze mois, à Paramatta (Nouvelle-Hollande), latitude 33°.49′ sud, par sir Thomas Brisbane.

MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.
Mai 1822.	+ 22°,2	+ 5°,5	+ 15°,5
Juin.	+ 19,4	— 3,3	+ 11,8
Juillet.	+ 17,2	— 2,8	+ 10,8
Août.	+ 25,0	+ 1,7	+ 13,6
Septembre.	....	......	....
Octobre.	+ 33,9	+ 2,2	+ 16,7
Novembre.	+ 41,1	+ 5,6	+ 20,0
Décembre.	+ 37,2	+ 8,9	+ 22,2
Janvier 1823.	+ 38,9	+ 8,3	+ 23,3
Février.	+ 41,1	+ 11,1	+ 22,8
Mars.	+ 36,1	+ 9,7	+ 20,3
Avril.	+ 23,3	+ 9,7	+ 16,6

En interpolant les nombres correspondans au mois de septembre, nous trouverons que la température moyenne de Paramatta doit être d'environ + 17°,3 centig. Des observations faites avec des thermomètres enfoncés dans la terre, ou plongés dans des puits profonds, ou baignés par de l'eau de source, ont donné *un degré centigrade de moins.*

Pesanteurs *spécifiques de l'eau de mer, puisée dans différens points de l'Océan entre Ceylan et le Cap de Bonne-Espérance.*

Par John Davy.

Latitude.	Long. de Greenwich.	Pesanteur spécifique.
4°.10′ nord...	80°.15′ est.	10250
0. 5′ sud......	81.37	10264
7.10..........	82.26	10250
9. 3..........	81. 0	10250
12.52..........	79.57	10245
19.15..........	71.56	10264
21.32..........	69 29	10264
23.32..........	66.49	10264
24.34..........	61 56	10264
26. 7..........	55.18	10259
27.55..........	50. 7	10259
29.21..........	45. 5	10259
30.51..........	37.12	10259
32.50..........	32.26	10259
33.41..........	29.16	10259
35.41..........	24.13	10259
Dans la baie du Cap, à 1 ½ mille de terre		10250
A côté du rivage....................		10250
L'eau d'un ruisseau de la montagne de la Table..........................		10000

(Ces pesées ont été faites, l'air étant à + 23°,8 cent., et l'eau à + 26°,7 centig.)

(*Th. Edinb. Journ.* N°. 2. 1824. 253.)

Examen *de quelques questions de météorologie.*

Sur les Quantités de pluie qui tombent à diverses hauteurs au-dessus du sol.

On a beaucoup débattu, dans ces derniers temps, la question de savoir si les déboisemens, si les changemens dans les cultures, si les travaux des hommes, enfin, peuvent modifier sensiblement les climats : augmenter ou diminuer, par exemple, la quantité de pluie qui tombe annuellement dans un lieu donné. Les uns ont répondu positivement; d'autres se sont prononcés pour la négative. Ces opinions contradictoires ont peut-être tenu, en partie, à ce que les récipiens employés par divers observateurs n'étaient pas tous placés à la même hauteur au-dessus du sol. Les résultats que je vais rapporter montreront combien cette considération serait importante, si l'on voulait arriver, dans cette recherche, à des conclusions exactes.

Depuis 1817, il existe à l'Observatoire royal deux récipiens parfaitement semblables, situés, l'un sur le sommet de l'édifice, l'autre dans la cour, et à l'aide desquels on détermine journellement la quantité de pluie qui est tombée en 24 heures, c'est-à-dire, la hauteur de liquide dont le sol serait recouvert, s'il n'y avait ni infiltration ni évaporation. La somme de ces résultats partiels donne la pluie annuelle. Quoique la différence de niveau entre ces récipiens ne soit que de 27 mètres (86 pieds environ), les quantités de liquide qu'on y recueille ne sont jamais égales; le récipient inférieur en

renferme toujours plus que l'autre, comme on peut le voir par cette table :

	Pluie dans la cour.	Pluie sur la terrasse.
	En centimètres.	En centimètres.
1817	56,552	50,572
1818	51,759	43,197
1819	68,919	61,524
1820	42,542	38,128
1821	64,567	58,433
1822	47,750	42,319
1823	51,817	45,679
1824	65,181	56,752
Moyennes.	56,136	49,551

Une différence de niveau de 86 pieds entre deux récipiens occasione donc, à Paris, *une augmentation d'un huitième* environ, dans la quantité de pluie que reçoit le moins élevé. On a attribué ce singulier phénomène à certaines directions particulières que le vent pourrait donner aux filets liquides; mais la même différence s'observe quelquefois dans les pluies qui tombent pendant un calme parfait. D'autres ont supposé que les nuages ne fournissent pas seuls les gouttes de pluie, et qu'il s'en détache aussi de toute la couche d'air qui les sépare du sol : ou, si l'on veut, que, dans leur trajet à travers cette couche, les gouttes s'emparent d'une partie de l'humidité qui lui est propre et augmentent de diamètre. Dans cette hypothèse, le récipient inférieur recevrait évidemment ou plus de gouttes d'eau, ou des gouttes plus grosses que le récipient élevé; mais il est également clair que la

différence serait alors d'autant plus grande que l'hygromètre, dans les couches inférieures, marquerait un degré plus voisin de l'humidité extrême : conséquence qui n'est point conforme aux observations. Quoi qu'il en soit, au reste, de l'explication, nous voyons, par l'expérience, que si l'on veut, à deux époques quelconques, comparer avec exactitude les quantités de pluie qui tombent annuellement dans un lieu donné, il faudra que les récipiens y aient été placés à la même hauteur au-dessus du sol. Examinons, en ayant égard à cette circonstance, s'il y aurait quelque raison d'admettre que le climat de Paris est maintenant plus ou moins pluvieux qu'il ne l'était au commencement du 18e siècle.

Pluie moyenne à Paris.

Les premières observations régulières qu'on ait faites à Paris sur la quantité de pluie qui y tombe annuellement, remontent à l'année 1689. A cette époque, on plaça, par ordre de l'Académie des Sciences, un récipient adapté à cet usage, au niveau de la grande salle de la méridienne de l'Observatoire, dans la tour orientale qui était alors découverte, 17 mètres plus bas que le récipient actuel de la terrasse. La Hire se chargea des observations et les continua jusqu'en 1719. Maraldi lui succéda, se servit des mêmes instrumens, et fut remplacé, en 1744, par M. de Fouchy. A partir de 1755, on cessa de faire ces observations, ou du moins de les publier. Elles n'ont été reprises qu'en 1805. Voici le tableau des résultats moyens exprimés en pouces et en centimètres, pour chaque période de *dix ans*, à partir de 1689.

	Pluie moyenne annuelle	
	en pouces.	en centimètres.
De 1689 à 1698	19,5	52,7
1699 1708	17,9	48,5
1709 1718	18,2	49,3
1719 1728	13,2	35,8
1729 1738	14,4	38,9
1739 1748	15,6	42,4
1749 1754	19,0	51,4
1805 1814	17,8	48,3
1815 1824	19,6	53,0

Afin de remplir, autant que possible, la lacune qu'on remarque dans ce tableau, entre 1754 et 1805, je vais rapporter la moyenne des observations faites par M. Messier, à l'hôtel de Cluny, rue des Mathurins-Saint-Jacques, depuis l'année 1773 jusqu'à l'année 1785 inclusivement.

De 1773 à 1785...... 20^{p},1...... 54^{c},4.

Pour rendre ces résultats comparables, il faut, comme on a vu précédemment, tenir compte des inégales hauteurs des divers récipiens au-dessus du sol. En admettant, ainsi qu'il paraît naturel de le faire, que les différences entre les quantités de pluie soient proportionnelles aux différences de ces hauteurs, nous trouverions que pour réduire les anciennes observations (celles de 1689 à 1754) aux observations qui se font maintenant sur la terrasse de l'Observatoire, il faudrait retrancher de la moyenne 1$^{po.}$ et demi $= 4^{c.}$

La diminution qu'il faudrait appliquer aux observations de M. Messier aurait à-peu-près la même valeur.

Ces corrections sont légères et ne changeront rien à la conséquence qu'on peut déduire de la simple inspection du tableau précédent, savoir : qu'il n'y a aucune raison de supposer que le climat de Paris est maintenant plus ou moins pluvieux qu'il ne l'était il y a 130 ans. La petite augmentation que les nombres présentent dans les derniers groupes ne surpasse pas, en effet, les écarts qu'on remarque dans les périodes antérieures.

On peut se proposer aussi de déterminer si, dans un lieu donné, le nombre moyen annuel de jours pluvieux augmente ou diminue. La Hire et Fouchy ne nous ont pas laissé les observations de ce genre qu'ils avaient faites : je ne pourrai donc remonter qu'à celles de M. Messier.

	Nombre moyen par an	
	de jours de pluie.	de jours de neige.
De 1773 à 1785	140	—
1786 1795	152	12
1796 1805	124	14
1806 1815	134	15
1816 1824	152	8
Moyennes.	140	12

De 1689 à 1824, il est arrivé trois fois qu'un mois entier s'est écoulé sans pluie mesurable. Ces mois sont : le

mois de janvier 1691, le mois de février 1725, et celui de janvier 1810.

Cette table n'indique pas plus que la précédente une détérioration dans le climat de Paris.

Sur la Pluie qui tombe dans le midi de la France.

Suivant quelques météorologistes, au midi de la France, dans certaines localités, la quantité de pluie va en augmentant d'année en année. Les observations sur lesquelles ils appuient plus particulièrement cette opinion, sont celles que M. Flaugergues a faites à Viviers (latit. 44°.29′) depuis 40 ans. Je les ai groupées dans le tableau suivant, par dizaines d'années.

	Pluie moyenne		Nombres moyens de jours de pluie.
	en pouces.	en centim.	
1778 à 1787	31,1	84,2	83
1788 1797	33,2	89,9	94
1798 1807	34,2	92,6	106
1808 1817	37,4	101,2	108

Il me paraît douteux que ces résultats, malgré leur régularité, soient suffisamment nombreux pour motiver la conclusion qu'on en a déduite. Si l'on n'avait eu à Paris que les observations comprises entre les années 1719 et 1785, on aurait pu également supposer que la pluie moyenne annuelle augmentait rapidement; et cependant cela est à la fois démenti et par les observations anté-

rieures et par celles qui suivent. Une augmentation dans la pluie annuelle à Viviers, ne serait, au demeurant, guère favorable à l'opinion que les pays boisés sont ceux dans lesquels il pleut davantage, attendu, dit M. Flaugergues, que depuis le commencement des observations, et principalement dans les dix dernières années, on n'a cessé de détruire les forêts, tant sur le territoire de Viviers que dans tout le département de l'Ardèche, où il ne reste plus aujourd'hui aucun bois considérable.

Voyons, au reste, si d'autres lieux situés au midi de la France offriront des variations analogues.

Sur la Pluie qui tombe à Marseille.

	Pluie moyenne		Nombres moyens de jours de pluie.
	en pouces.	en centim.	
de 1772 à 1782	21,8	59	57
1795 — 1805	19,5	53	54
1806 — 1815	14,1	38	55
1815 — 1820	13,7	37	—

En comparant ce tableau avec celui de M. Flaugergues, on remarquera que la quantité annuelle de pluie diminuait à Marseille, pendant qu'elle augmentait à Viviers, quoique la distance de ces deux villes ne soit pas très-grande. Il semble donc que ces variations doivent être considérées comme accidentelles. Elles disparaîtront sans doute quand les moyennes seront déduites d'un plus grand nombre d'années; mais on voit, en attendant, qu'il n'y

aurait aucune raison pour ne pas étendre à la France entière les conséquences que nous avons tirées de la discussion des seules observations de Paris.

Le département des Bouches-du-Rhône offre un exemple remarquable de l'influence que les localités, même dans une étendue très-limitée de terrain, exercent sur les phénomènes météorologiques.

On vient de voir qu'à Marseille, il pleut, terme moyen .... 55 jours par an.

A Arles, c'est seulement 45

A Aix......................... 40

Et dans la région de la Durance ... 38

(Ces derniers résultats ont été empruntés à la Statistique des Bouches-du-Rhône, de M. le comte de Villeneuve.)

Sur la Quantité de pluie qui tombe à Milan.

de 1764 à 1790....... 33,5 pouces = 91 centim.

de 1791 à 1817....... 37,2 pouces = 101 centim.

M. de Césaris, à qui l'on doit ces observations, les a présentées comme la preuve incontestable que le climat de Milan a changé. Il attribue cet effet aux nombreux canaux d'irrigation qu'on a creusés d'année en année dans les plaines de la Lombardie; ce qui, dit-il, doit rendre l'évaporation annuelle plus grande maintenant qu'elle ne l'était par le passé. Sans nier tout-à-fait l'influence qu'a pu avoir la cause qu'indique le savant astronome milanais, il me semble qu'avant d'admettre qu'elle a seule occasioné la différence de près de 4 pouces qu'on trouve entre les

deux moyennes de la table, il faudrait avoir démontré qu'une période de 27 ans est suffisante pour donner un résultat général et dégagé des variations accidentelles? or, je ne doute pas qu'on ne conserve quelque scrupule à ce sujet, après avoir vu que les nombres partiels d'où ces deux moyennes ont été conclues, présentent de grandes discordances. En effet, de 1764 à 1790, la pluie annuelle, à Milan, a varié depuis 26 pouces jusqu'à 47p.,5; et dans la nouvelle période de 27 ans, commençant avec l'année 1791 et finissant en 1817, les extrêmes annuelles ont été 24p.,7 et 58p.,9.

Les observations de Milan, elles-mêmes, ne *prouvent* donc pas, jusqu'ici, que les travaux des hommes puissent amener des modifications sensibles dans les climats.

Sur les Pluies des Tropiques.

Personne n'ignore qu'il tombe une plus grande quantité d'eau près de l'équateur que dans nos climats; néanmoins la valeur absolue des pluies des tropiques n'était pas, jusqu'ici, bien connue. Ce serait une erreur de croire qu'une seule année d'observations donne, dans les régions équinoxiales, la pluie moyenne. Les différences entre les résultats des diverses années n'y étant pas proportionnellement moins grandes qu'en Europe, on ne peut arriver à une évaluation précise qu'en groupant ensemble, comme nous l'avons fait pour Paris, un certain nombre de déterminations partielles.

Voici huit années d'observations de ce genre faites à Bombay, et qui me paraissent mériter toute confiance:

1803...	85 pouces français	=	229 centimètres.
1804...	106..............	=	292
1817...	97..............	=	363
1818...	76..............	=	206
1819...	72..............	=	196
1820...	72..............	=	196
1821...	78..............	=	211
1822...	106..............	=	286
Moyenne.	87 pouces.......	=	235 centimètres.

On se rappellera, comme terme de comparaison, qu'à Paris la pluie moyenne annuelle ne s'élève pas à 20 pouces ou 54 centimètres.

A Bombay, presque toute la pluie tombe en juin, juillet, août et septembre. On en recueille quelquefois trois ou quatre pouces dans le mois d'octobre; durant le reste de l'année, il en tombe à peine un pouce.

Dans un seul jour (le 24 juillet 1819), il est tombé à Bombay six pouces d'eau: c'est environ le tiers de la pluie moyenne annuelle de Paris.

Cayenne paraît être un des lieux du globe où il pleut le plus. M. le capitaine Roussin y a vu tomber, dans le court intervalle du 14 février à 8 heures du soir, au lendemain à 6 heures du matin, 10 pouces un quart d'eau, c'est-à-dire, plus de la moitié de ce qu'on en recueille à Paris dans l'année entière. Il assure que, dans ce même mois de février, du 1er au 24, il tomba 12 pieds 7 pouces d'eau, ou *huit fois* autant que dans les 12 mois à Paris.

On ne connaissait pas dans nos climats de semblables averses, lorsqu'à la fin de 1822, les gazettes annoncèrent

qu'il était tombé à Gênes, dans un seul jour (le 25 octobre) *trente pouces* d'eau. Ce résultat inouï inspira des doutes à tous les météorologistes : on soupçonnait une erreur d'impression ; mais M. Pagano, observateur exact, a écrit aux rédacteurs de la *Bibliothèque universelle* une lettre qui met le fait hors de toute contestation. Il rapporte, par exemple, que deux seaux de bois, presque cylindriques, l'un de 24 et l'autre de 26 pouces de hauteur, et qui étaient restés vides dans son jardin à la suite de quelques expériences sur la vendange, se trouvèrent remplis assez long-temps avant que la pluie du 25 octobre eût cessé. Du reste, ce météore, cette espèce de trombe, n'embrassa point une très-grande étendue de terrain.

On a prétendu, je ne sais trop sur quel fondement, qu'il pleut beaucoup moins en pleine mer qu'à terre. J'ai trouvé dans le journal du capitaine Tuckey une observation qui ne viendrait pas à l'appui de cette opinion. Le 12 mai 1816, par 2°.30′ de latitude nord et 4° de longitude occidentale, il tomba 3 pouces 3 dixièmes d'eau sur le bâtiment commandé par cet officier, dans le court intervalle de trois heures. A terre, les exemples d'une aussi abondante pluie sont fort rares, même dans les régions équinoxiales.

Sur l'Etat thermométrique du globe terrestre.

La recherche des modifications de diverses natures qu'a éprouvé la terre dans la suite des siècles, est une des questions les plus curieuses de la philosophie naturelle. Nous donnerons, dans une autre circonstance,

l'analyse des travaux récens qu'ont publié les géomètres sur celles de ces modifications qui concernent la température du globe *considéré en masse*. Je me bornerai, dans cet article, à examiner si l'opinion assez généralement admise, que, sous chaque latitude, le climat, à la surface, s'est détérioré, repose sur quelque fondement solide.

L'invention des thermomètres ne remonte guère qu'à l'année 1590; on doit même ajouter qu'avant 1700, ces instrumens n'étaient ni exacts ni comparables. Il est donc impossible de déterminer avec précision, pour aucun lieu de la terre, quelle était sa température à des époques très-reculées. Mais quand on voudra se borner à des limites; rechercher seulement, par exemple, si maintenant les hivers sont plus ou moins rigoureux que par le passé, on pourra suppléer aux observations directes en prenant dans les anciens auteurs les passages relatifs à plusieurs phénomènes naturels, tels que la congélation des rivières, des fleuves, des mers, etc. Le petit nombre de citations de ce genre que je réunis ici prouvera, je pense, même en faisant la part des exagérations qui peuvent se trouver dans les historiens, qu'en Europe, en général, et dans la France en particulier, les hivers, il y a quelques siècles, étaient au moins aussi rudes qu'à présent.

1er siècle avant notre ère.

A l'embouchure du Palus-Méotide, les gelées sont si fortes, qu'en hiver un des généraux de Mithridate y défit la cavalerie des Barbares, précisément à l'endroit où, en été, ils furent vaincus dans un combat naval. (*Strab.*, liv. II.)

400 ans après J.-C. La mer Noire gela entièrement. Le Rhône fut pris dans toute sa largeur. (Ce dernier phénomène est l'indice d'une température de 18° centigrades, au moins, au-dessous de 0) (1).

462. L'armée de Théodomer traversa le Danube sur la glace. Le Var se gela (on a trouvé que le Var se prend quand la température est de 10° ou 12° centigrades au-dessous de zéro.)

763. La mer Noire et le détroit des Dardanelles furent gelés.

822. Des charrettes pesamment chargées traversèrent sur la glace le Danube, l'Elbe et la Seine durant plus d'un mois. Le Rhône, le Pô, l'Adriatique et plusieurs ports de la Méditerranée gelèrent (2) (— 20°, au moins, à Venise).

829. L'année où le patriarche Jacobite d'Antioche, Denys de Telmahre, alla, avec le kalife Mamoun,

---

(1) En février 1776, le Rhône n'était pas totalement pris au-dessous de Lyon, quoique, du 16 jusqu'au 27 janvier, la température se fût toujours maintenue au-dessous de — 8° centigrades, et que les 29, 30, 31 janvier et le 1er février, on eût éprouvé des froids de — 11°,2; de — 12°,5; de — 18°,7, et de — 22° centigrades. On est donc, suivant toute apparence, en deçà de la vérité, en fixant à — 18° centigrades le degré auquel il est nécessaire que le thermomètre descende, pour que Rhône gèle à Arles ou dans tout autre point de la Provence.

(2) Quand le golfe de Venise gela en 1709, le thermomètre était descendu dans la ville à — 20° centigrades. (Acad., 1749. Hist. 2.)

en Egypte, ils trouvèrent le Nil gelé. (Abd-Allatif, traduit par M. Silvestre de Sacy, p. 505.)

860. L'Adriatique et le Rhône se gèlent (— 20°), Calvisius, cité par Delisle. (*Acad.* 1749. M. 2.)

1133. Le Pô était pris depuis Crémone jusqu'à la mer; on traversait le Rhône sur la glace; le vin gela dans les caves (— 18°, au moins).

1216. Le Pô et le Rhône gelèrent jusqu'à une grande profondeur (— 18°, au moins).

1234. Le Pô et le Rhône gèlent de nouveau; des voitures chargées traversent l'Adriatique sur la glace, en face de Venise (— 20°).

1236. Le Danube reste gelé dans toute sa profondeur pendant un temps considérable.

1292. Des voitures chargées traversent le Rhin sur la glace devant Breysach. Le Catégat était aussi totalement pris.

1302. Le Rhône gèle (— 18°).

1305. Le Rhône et toutes les rivières de France gèlent. (Papon, *Hist. de Prov.*, t. III, p. 102.)

1323. Le Rhône gèle. Les voyageurs à pied et à cheval allaient sur la glace du Danemarck à Lubeck et à Dantzick.

1334. Tous les fleuves d'Italie et de Provence se gèlent (— 18° cent. au moins).

1358. Dix brasses de neige à Bologne en Italie. (Mathieu Villani, cité par Papon, t. III, p. 200.)

1364. Le Rhône gèle à Arles jusqu'à une profondeur considérable; les chariots chargés passaient sur la

glace (— 18° centig.) (Villani, cité par Papon, t. III, p. 210.)

1408. Le Danube gèle dans tout son cours. La glace s'étend sans interruption de la Norwège jusqu'en Danemarck. Les voitures traversaient la Seine sur la glace. (Félibien, *Description de Paris.*)

1434. La gelée commença à Paris le dernier de décembre 1433 et continua pendant trois mois moins neuf jours; elle recommença vers la fin de mars et dura jusqu'au 17 avril. (Félibien, *Description de Paris.*) Cette même année, il neigea en Hollande pendant quarante jours de suite. (Van-Swinden, d'après des Recueils hollandais.)

1460. Le Danube reste gelé pendant deux mois. Le Rhône gèle aussi (— 18°).

1468. En Flandre, on coupe avec la hache la ration de vin des soldats. (Philippe de Comines.)

1493. Le port de Gènes était gelé les 25 et 26 décembre. (Papon, t. IV, p. 18.)

1507. Le port de Marseille gela dans toute son étendue (c'est l'indice d'un froid de — 18° centig. au moins). Le jour de l'Epiphanie, il tomba trois pieds de neige dans la même ville. (Papon, t. IV, p. 26.)

1544. En France, on coupe le vin dans les tonneaux avec des instrumens tranchans. (Mézerai.)

1565. Le Rhône est pris dans toute sa largeur à Arles (— 18° centig.)

1568. Le 11 décembre, les charrettes traversent le

Rhône sur la glace. La débâcle n'arrive que le 21 (— 18° centig. au moins).

1570 — 1571. De la fin de novembre 1570 à la fin de février 1571, hiver si rude que toutes les rivières, même celles du Languedoc et de Provence, étaient gelées de manière à porter les charrettes chargées. (Mézerai.)

1594. La mer gèle à Marseille et à Venise (— 20° centig. au moins).

1603. Les charrettes passent le Rhône sur la glace (— 18° centig.)

1621 — 1622. La flotte vénitienne se trouva prise par les glaces dans les lagunes de Venise (— 20°).

1638. L'eau du port de Marseille gèle autour des galères (— 20° centig.). (Papon, t. IV, p. 490.)

1655 — 1656. La Seine fut prise du 8 au 18 décembre. Il gela ensuite, sans interruption, du 29 décembre jusqu'au 28 janvier 1656. Une nouvelle gelée reprit peu de jours après et dura jusqu'en mars. (Boulliaud.)

1657 — 1658. Gelée non interrompue à Paris depuis le 24 décembre 1657 jusqu'au 8 février 1658. Entre le 24 décembre et le 20 janvier, la gelée fut modérée; mais ensuite le froid acquit une intensité extrême. La Seine était entièrement prise. Le dégel du 8 février ne dura pas; le froid reprit le 11 et dura jusqu'au 18. (Boulliaud.)

C'est en 1658 que Charles X, roi de Suède, traversa le petit Belt sur la glace avec toute son armée, son artillerie, ses caissons, ses bagages, etc., etc.

1662 — 1663. La gelée dura à Paris depuis le 5 décembre 1662 jusqu'au 8 mars 1663. (Boulliaud.)

1676 — 1677. Gelée continuelle fort intense, depuis le 2 décembre 1676 jusqu'au 13 janvier 1677. La Seine fut prise pendant trente-cinq jours consécutifs. (Boulliaud.)

1684. La Tamise gèle à Londres jusqu'à 11 pouces d'épaisseur ; les voitures chargées la traversent.

1709. L'Adriatique et la Méditerranée à Gênes, à Marseille, à Cette, etc., sont gelées (— 20° centig.)

1716. La Tamise gèle à Londres ; on y établit un grand nombre de boutiques.

1726. On passe en traîneau de Copenhague en Suède.

1740. La Tamise, à Londres, est de nouveau totalement prise.

De 1749 à 1781, le thermomètre en Provence ne descendit jamais au-dessous de — 9° centig. Cette période de 33 ans, n'ayant point offert des froids de 15 et de 18°, comme on en avait observé antérieurement, quelques personnes admettaient déjà que le climat s'améliorait ; mais en 1789 l'illusion fut détruite, car, cette année, on éprouva à Marseille un froid de — 17° centig.

De 1800 à 1819, le thermomètre n'était pas descendu, dans le département des Bouches-du-Rhône, au-dessous de — 9° centigrades ; mais en 1820, comme dans quelques-unes des années remarquables dont nous avons fait mention dans ce catalogue, on éprouva un froid de — 17°,5 centigrades. Ainsi, soit que l'on considère l'intensité du froid, soit qu'on examine après quels in-

tervalles les froids extraordinaires se reproduisent, on ne voit aucune raison d'admettre que, dans une période de 1400 ans, le climat de la Provence ait notablement varié.

Venons maintenant au climat de la Capitale, et déterminons d'abord à quel degré il est nécessaire que le thermomètre descende pour que la Seine se gèle en totalité.

En 1740,	la Seine était gelée; le therm. marq.	— 14° c.
1742,	*id.*	— 10
1744,	*id.*	— 9
1762,	*id.*	— 9
1766,	*id.*	— 9
1767,	*id.*	— 16
1776,	*id.*	— 12
1788,	*id.*	— 12°,9.

Il faut donc, à ce qu'il paraît, un froid de — 9° centigrades au moins, pour que la rivière gèle à Paris. De là et des observations de Boulliaud, on peut conclure qu'en 1676, la température *moyenne* du mois de décembre dût être de plusieurs degrés au-dessous du terme de la glace : maintenant cette température est presque constamment positive.

Depuis vingt ans, la température moyenne de janvier n'a pas été au-dessous de — 1° centig. D'après les observations rapportées par Félibien, et d'après celles de Boulliaud, elle fut de plusieurs degrés centigrades au-dessous de zéro, en janvier, février et mars 1435; en janvier et février 1656; en janvier 1658; en décembre, janvier et février 1662.

Si ces observations ne paraissent pas assez nombreuses pour qu'on puisse en déduire la conséquence que les hivers, à Paris, étaient anciennement plus rudes qu'aujourd'hui, on accordera du moins qu'elles prouvent, contre une opinion fort répandue, que le climat de la capitale ne s'est point détérioré.

Table des températures extrêmes observées à Paris et dans d'autres lieux du globe.

Dès que le thermomètre sort d'une petite quantité de ses limites habituelles, le public donne une grande attention à la marche de cet instrument, et, en général, il ne tarde pas à se persuader qu'on ne l'avait jamais observé aussi haut ou aussi bas. La table suivante, dans laquelle j'ai rassemblé l'indication des plus grands degrés de froid et de chaleur qu'on ait éprouvés à Paris et sur d'autres points du globe depuis l'invention des thermomètres, pourra donc avoir quelque utilité.

PARIS.

DATES.	Maximum de froid.	
	Réaumur.	Centig.
1665, 6 février	— 17°,6	— 21°,2
1709, 13 janvier	— 18,5	— 23,1
1716	— 15,0	— 18,7
1729	— 12,2	— 15,3
1742, 10 janvier	— 13,6	— 17,0
1747, 14 janvier	— 10,9	— 13,6

DATES.	Maximum de froid.	
	Réaumur.	Centig.
1748	— 12,2	— 15,3
1754, 8 janvier	— 11,3	— 14,1
1755	— 12,5	— 15,6
1767	— 12,2	— 15,3
1768	— 13,7	— 17,1
1771	— 10,9	— 13,6
1776, 29 janvier	— 15,3	— 19,1
1783, 30 décembre	— 15,3	— 19,1
1788, 31 décembre	— 17,8	— 22,3
1795, 25 janvier	— 18,8	— 23,5
1798, 26 décembre	— 14,1	— 17,6
1820, 11 janvier	— 11,4	— 14,3
1823, 14 janvier	— 11,7	— 14,6

Il y eut à Paris :

En 1776, 25 jours consécutifs de gelée.
1783, 69 *id.*
1795, 42 *id.*
1798, 32 *id.*

PARIS.

DATES.	Maximum de chaleur.	
	Réaumur.	Centigr.
1705, 6 août	+ 27°,0	+ 33°,8
1706, 8 août	+ 28,2	+ 35,3
1753, 7 juillet	+ 28,5	+ 35,6
1754, 14 juillet	+ 28,0	+ 35,0
1775	+ 27,8	+ 34,7
1793, 8 juillet	+ 30,7	+ 38,4
1793, 16 *id.*	+ 29,8	+ 37,3
1800, 18 août	+ 28,4	+ 35,5
1802, 8 août	+ 29,1	+ 36,4
1803	+ 29,4	+ 36,7
1808, 15 juillet	+ 29,0	+ 36,2
1818, 24 juillet	+ 27,6	+ 34,5

Toutes les observations ont été faites avec des thermomètres placés au nord, à l'ombre, et autant que possible à l'abri des réverbérations du sol. Si les boules de ces instrumens avaient été noircies et exposées à l'action directe des rayons du Soleil, ils auraient constamment marqué, par un temps calme, c'est-à-dire, quand l'effet de la lumière solaire est au *maximum*, 8° ou 10° centigrades de plus. On se tromperait toutefois beaucoup, si l'on croyait pouvoir conclure de là que, dans nos climats, la température des corps terrestres exposés aux rayons solaires ne dépasse jamais 46° ou 48° centigrades :

Le sable, sur le bord des rivières ou de la mer, est souvent, en été, à la température de 65° à 70° centigrades.

Quant à l'eau d'une rivière, pour peu que sa profondeur soit considérable, elle ne s'échauffe jamais beaucoup. Ainsi, en 1800, par exemple, à Rouen, le 18 août, quand le thermomètre à l'air libre marquait + 38° centigrades, l'eau de la Seine n'était qu'à + 23°.

Je puiserai les autres exemples de froids extraordinaires que je dois rapporter, dans les ouvrages des capitaines Parry et Franklin. J'y joindrai des tableaux détaillés d'où l'on peut déduire les températures moyennes des diverses stations dans lesquelles ces intrépides officiers ont hiverné, soit à cause de la nouveauté des résultats, soit parce qu'ils nous donneront, plus loin, les moyens d'éclaircir une question de météorologie fort curieuse, dont les physiciens s'étaient beaucoup occupés, mais, jusqu'ici, d'après des données insuffisantes.

Résultats des observations météorologiques faites pendant la première expédition du capitaine Parry.

1819.	Températures centigrades.			Latitude Nord.	Longitude Ouest.
	Maxim.	Minim.	Moyen.		
Juillet....	+ 7°,7	— 3°,3	+ 0°,9	64—74°	67° (1)
Août.....	+ 5,5	— 2,2	0,0	72—75	93 (2)
Septembre	+ 2,8	— 18,3	— 5,3	75	112 (3)
Octobre..	— 8,0	— 33,3	— 19,7	74 ¾	113 (4)
Novembre	— 14,4	— 43,9	— 29,2	*id.*	*id.*
Décembre	— 14,4	— 42,8	— 29,9	*id.*	*id.*
Janvier...	— 18,9	— 43,9	— 34,5	*id.*	*id.*
Février...	— 27,2	— 45,6	— 35,6	*id.*	*id.*
Mars.....	— 14,4	— 40,0	— 27,8	*id.*	*id.*
Avril....	0,0	— 35,5	— 22,4	*id.*	*id.*
Mai......	+ 8,3	— 20,0	— 8,5	*id.*	*id.*
Juin.....	+ 10,6	— 2,2	+ 2,4	*id.*	*id.*
Juillet....	+ 15,6	0,0	+ 5,8	*id.*	*id.*
Août.....	+ 7,2	— 5,5	+ 0,4	74—75°	100 (5)

Il résulterait de ces observations, que, par la latitude de 75° et le 113e degré de longitude comptée de Paris, la température moyenne de l'année est de — 17° centigrades; mais le capitaine Parry a reconnu, dans diverses occasions, que le voisinage de ses deux bâtimens augmentait les indications des thermomètres d'environ 3° Fahrenheit:

(1) Au milieu du détroit de Davis et de la baie de Baffin (entre 62° et 72° de longitude).

(2) Le long du détroit de Lancaster (entre 80° et 107° de longitude.)

(3) *Idem* (entre 107 et 117°).

(4) A l'île Melville.

(5) (Entre 117° et 83°).

La température moyenne de *Winter-Harbour*, sur la côte méridionale de l'île Melville, doit donc être portée à — 18°,5 centigrades.

Cette température moyenne est à-peu-près le *degré extrême* de froid qu'on éprouve à Paris dans les hivers les plus rigoureux.

Loin des bâtimens, en février 1819, le thermomètre descendit jusqu'à — 47° centigrades.

La même table montre qu'à l'île Melville, il y a, dans l'année, *cinq mois durant lesquels le mercure exposé à l'air se gèle naturellement*. On ne voudrait peut-être pas admettre que des êtres vivans puissent endurer des froids aussi intenses, si l'on ne savait que, pendant le séjour de l'expédition à *Winter-Harbour*, les chasseurs de l'Hécla et du Griper tuèrent :

3 bœufs musqués (un seul fournit 420 liv. de viande).
24 rennes,
68 lièvres,
53 oies,
59 canards,

et 144 ptarmigans (*tetrao lagopus*, espèce de perdrix), qui donnèrent un total de 3766 livres de viande.

Du reste, M. Parry nous apprend qu'un homme bien vêtu pouvait se promener sans inconvénient à l'air libre, par une température de 46° centigrades au-dessous de zéro, pourvu que l'atmosphère fût parfaitement tranquille; mais il n'en était pas de même dès qu'il soufflait le plus petit vent; car alors on éprouvait sur la face une douleur cuisante, suivie bientôt d'un mal de tête insupportable.

En février 1819, le mercure s'étant entièrement gelé

à l'air, M. Parry et ses compagnons eurent l'occasion de reconnaître qu'à l'état *solide* ce métal est très-peu malléable : après avoir été frappé sur une enclume de deux ou trois coups de marteau, il se brisait en éclats.

Résultats des observations météorologiques faites durant le second voyage du capitaine Parry.

	Températures centigrades			Latitude Nord.	Longitude Ouest.	
	Maxim.	Minim.	Moyen.			
Juil. 1821	+ 10°0	− 1°,7	+ 1°,9	62°	74°	(1)
Août.....	+ 8,9	− 2,2	+ 2,6	66	87	(2)
Septemb. .	+ 5,6	− 6,7	− 0,6	66	86	(3)
Octobre. .	+ 0,3	−25,0	−10,8	66 $\frac{1}{5}$	85 $\frac{1}{2}$	(4)
Novembre.	− 2,2	−28,9	−13,5	*id.*	*id.*	
Décembre.	−16,7	−33,9	−25,0	*id.*	*id.*	
Janv. 1822	−21,1	−38,6	−30,5	*id.*	*id.*	
Février. . .	−20,0	−38,3	−31,6	*id.*	*id.*	
Mars.....	−10,5	−37,2	−24,2	*id.*	*id.*	
Avril.....	− 1,7	−24,4	−14,7	*id.*	*id.*	
Mai......	+ 7,8	−19,5	− 5,0	*id.*	*id.*	
Juin.....	+10,0	− 6,7	+ 1,1	*id.*	*id.*	
Juillet....	+12,2	− 1,1	+ 2,4	66°$\frac{2}{5}$—69	83°	
Août.....	+10,0	− 2,3	+ 0,9	69° $\frac{1}{2}$	85	
Septemb. .	+ 2,8	−11,7	− 2,2	*id.*	85	
Octobre...	− 1,7	−22,8	−10,7	69 $\frac{1}{3}$	84	(5)
Novemb. .	−13,3	−35,6	−28,5	*id.*	*id.*	
Décemb...	−23,3	−41,6	−23,2	*id.*	*id.*	
Janv. 1823	− 5,6	−42,8	−27,2	*id.*	*id.*	
Février. . .	− 6,1	−41,6	−29,1	*id.*	*id.*	
Mars.....	−15,6	−40,5	−28,7	*id.*	*id.*	
Avril.....	0,0	−31,6	−18,7	*id.*	*id.*	
Mai......	+ 9,7	−22,2	− 4.0	*id.*	*id.*	
Juin.....	+11,1	−13,3	+ 0,2	*id.*	*id.*	
Juillet....	+15,0	− 1,1	+ 4,4	*id.*	*id.*	
Août.....	+12,7	− 4,4	+ 3,2	69°$\frac{1}{5}$—66$\frac{1}{5}$	85° $\frac{1}{2}$—84	

(1) Détroit d'Hudson.
(2) Baie d'Hudson.
(3) A l'ancre.
(4) Winter-Island.
(5) A l'île d'Ingloolik.

Cette table donne, pour la température moyenne annuelle de Winter-Island (latit. 66°$\frac{1}{3}$; long. 85°$\frac{1}{2}$). —12°,5 c. et pour celle de
Ingloolik-Island (latit. 69°$\frac{1}{3}$; long. 84°)... — 13°,9

A Winter-Island, le froid n'est pas descendu, dans l'année 1822, jusqu'au degré de la congélation du mercure.

A Ingloolik, le mercure s'est gelé naturellement à l'air libre, dans les mois de décembre 1822, janvier, février et mars 1823, en sorte qu'on n'a pu y déterminer les températures qu'avec des thermomètres à alcool. Les environs de cette île sont cependant habités par d'assez nombreuses peuplades d'Esquimaux, même dans la saison la plus froide. Elles demeurent dans des huttes construites par assises à l'aide de blocs de neige taillés avec art, et de manière à donner à tout l'édifice, surtout à l'intérieur, la forme d'un dôme régulier. L'entrée de chaque hutte est une ouverture circulaire très-basse. La lumière pénètre dans cette maison, d'un genre si singulier, par une fenêtre pratiquée vers le sommet, et fermée avec un fragment bien diaphane de glace, qui fait ainsi l'office de nos carreaux de vitre.

Résumé des observations faites durant l'expédition du capitaine Franklin.

	Températures centigrades.			Latitude Nord.	Longitude Ouest.
	Maxim.	Minim.	Moyen.		
Sept. 1819.	+ 16°,1	— 1°,1	+ 8°,3	57°—54½	95°¾
Octobre. .	+ 12,8	— 7,2	+ 2,7	53 — 54	102½
Novemb. .	+ 7,2	— 28,9	— 9,1	54°	104½ (1)
Décemb...	+ 4,4	— 35,0	— 16,0	*id.*	*id.*
Janv. 1820	— 12,2	— 42,2	— 25,1	*id.*	*id.*
Février...	— 6,7	— 36,7	— 18,3	*id.*	*id.*
Mars.....	+ 12,2	— 30,0	— 11,0	*id.*	*id.*
Avril.....	+ 25,0	— 25,0	+ 1,7	*id.*	*id.*
Mai......	+ 28,9	— 6,7	+ 10,0	*id.*	*id.*
Juin.....	+ 30,5	+ 5,6	+ 14,9	54°—55½	107
Juillet....	+ 28,9	+ 8,3	+ 17,1	58¾—62⅓	114½ (2)
Août.....	+ 25,5	+ 0,5	+ 13,4	62⅓—64½	116
Septemb. .	+ 11,7	— 8,9	+ 1,0	64°½	115½ (3)
Octobre. .	+ 2,8	— 15,0	— 4,8	*id.*	*id.*
Novemb. .	— 3,9	— 35,0	— 18,1	*id.*	*id.*
Décemb...	— 14,4	— 49,7	— 34,7	*id.*	*id.*
Janv. 1821	— 6,7	— 45,0	— 25,4	*id.*	*id.*
Février...	— 17,2	— 46,1	— 33,7	*id.*	*id.*
Mars.....	— 4,4	— 44,9	— 24,1	*id.*	*id.*
Avril....	+ 4,4	— 35,6	— 15,2	*id.*	*id.*
Mai......	+ 20,0	— 13,3	— 0,2	*id.*	*id.*

(1) Cumberland-House.

(2) Entre le fort Chypewyan et le fort Providence.

(3) Fort-Entreprise.

On déduit de ces observations, 1°. que la température moyenne de :

Cumberland-House (latit. 54°; long. 104° $\frac{1}{2}$) doit être d'une petite quantité au-dessus de — 1°,0 centigrade ;

2°. Que la température moyenne de

Fort-Entreprise (latit. 64° $\frac{1}{2}$; long. 115° $\frac{1}{2}$) diffère peu de — 9°,2 centigrades.

Je ne rapporte pas ici les évaluations données par Gmelin des froids de la *Sibérie*, puisqu'on sait aujourd'hui qu'elles sont tout-à-fait inexactes, et que ce voyageur prenait pour des températures réelles les indications de thermomètres dans lesquels, sans qu'il s'en fût aperçu, le mercure s'était congelé : or, un *vingt-troisième* de condensation qu'éprouve ce métal en se solidifiant, suffit pour rendre parfaitement compte des variations de température observées par Gmelin, tant sous le rapport de leur grandeur que sous celui de leur promptitude.

Le mercure commence à se geler à — 39°,5 centigrades. On peut donc affirmer que par-tout où ce fluide s'est solidifié, la température est descendue à 40° centigrades, au moins, au-dessous de zéro. Les indications suivantes fournissent donc des limites thermométriques.

Dates de la congélation naturelle du mercure, extraites de divers journaux météorologiques.

	Latit.	Longit.	Nom de l'Observateur.
Yeniseisk (*Sibérie*).	58° ½ N.	89° ¾ E.	Gmelin (déc. 1734).
Yakutsk (*id.*)....	62 N.	129 ¾ E.	Delisle (1) (1736).
Fort Kirenga....	57 ½ N.	105 ¾ E.	Gmelin (27 novembre 1737).
Idem...........	*id.*	*id.*	*Id.* (29 déc. 1737).
Idem...........	*id.*	*id.*	*Id.* (9 janv. 1738).
Près de Solikamsk.	59 N.	58 E.	Gmelin (déc. 1742).
Sombio.........	*id.*	*id.*	Hellant (janv. 1760).
Près de Krasnoïark.	56 ½ N.	91 E.	Pallas (8, 9, 10, 11 et 12 décemb. 1771).
Idem...........	*id.*	*id.*	Pallas (5, 6, 8 et 9 janvier 1772).
Irkouzk (*Sibérie*).	52 N.	102 E.	Pallas (6, 7 et 9 déc. 1772).
Fort Yorck (*baie d'Hudson*)....	58 N.	95 O.	Hutchins (souvent).
Fort d'Albany (*id*)	52 . 14	84 ⅓	*Id.* (2 fois dans l'hiver de 1774 à 1775).
Idem...........	*id.*	*id.*	*Id.* (3 fois dans l'hiver de 1777 à 1778).
Idem...........	*id.*	*id.*	*Id.* (26 janvier 1782).
Witegorsk.......	61 N.	34 E.	Von-Elterlein (4 janvier 1780).
Jemtland (*Suède*).	63 ½ N.	13 E.	Tôrnsten (1er janvier 1782).

(1) Le mercure était visiblement congelé dans le baromètre de Delisle de La Croyère, qui le montra à Gmelin; mais celui-ci rejeta l'explication. Delisle est probablement le premier observateur qui ait vu et reconnu que le mercure se solidifie par le froid.

Maxima *de chaleur observés dans diverses régions de la terre, avec des thermomètres placés à une certaine hauteur au-dessus du sol et à l'abri des rayons du Soleil.*

Au niveau de la mer, près de l'équateur, le thermomètre ne baisse jamais au-dessous de + 18° centigrades; au Fort-Entreprise, le capitaine Franklin l'a observé à — 50°. Ces deux nombres diffèrent de 68°. On trouvera des résultats beaucoup moins éloignés les uns des autres, si l'on compare, au contraire, les *maxima* de température. Les météorologistes du dernier siècle croyaient même qu'en été, le thermomètre ne monte pas plus entre les tropiques que dans les régions polaires; mais il suffit de jeter les yeux sur les observations des capitaines Parry et Franklin, pour voir combien cette opinion était erronée. Les tableaux qui précèdent montrent qu'on se trompait encore davantage en admettant un été *universel*, c'est-à-dire, en supposant que les *températures moyennes* de juin, juillet et août étaient les mêmes par-tout. A l'ile Melville, en effet, le mois le plus chaud, celui de juillet, n'a pour température moyenne que + 6° centigrades, tandis qu'à Paris, par exemple, elle est de + 16 à + 17°. Du reste, M. de Humboldt avait déjà fait justice de ces systèmes, dans son beau Mémoire *sur les Lignes isothermes.*

	Latitude.	Maxim. de chaleur en deg. cent.	Noms des Observateurs.
Equateur.	0° 0′	+38°,4	Humboldt.
Surinam.	5.38 N.	+ 32,3	———
Pondichéri.	11.55 N.	+ 44,7	Le Gentil.
Madras.	13.13 N.	+ 40,0	Roxburgh.
Beit-el-Fakih.	14.31 N.	+ 38,1	Nieburh.
Martinique.	14.35 N.	+ 35,0	Chanvalon.
Manille.	14.36 N.	+ 43,7	Le Gentil.
Antongil (Madag.).	15.27 S.	+ 45,0	*Idem.*
Guadeloupe.	15.59 N.	+ 38,4	Le Gaux.
Veracruz.	19.12 N.	+ 35,6	Orta.
Ile de France.	20. 9 S.	+ 32,6	Cossigny.
Philæ (Egypte).	24. 0 N.	+ 43,1	Coutelle.
Le Caire.	30. 2 N.	+ 40,2	*Idem.*
Bassora	30.45 N.	+ 45,3	Beauchamp.
Paramatta (n. Holl.) . .	33.49 S	+ 41,1	Génér. Brisbane.
Cap de Bon.-Espérance.	33.55 S.	+ 43,7	Lacaille.
Vienne (Autriche). . . .	48.12 N.	+ 35,9	Brequin.
Strasbourg.	48.35 N	+ 35,9	Herrenschneider.
Paris	48.50 N.	+ 38,4	———
Varsovie.	52.14 N.	+ 33,8	Delsue.
Franecker (Holl.).	52.36 N.	+ 34,0	Van-Swinden.
Copenhague.	55.41 N.	+ 33,7	Bugge.
Nain (Labrador).	57. 0 N.	+ 27,8	De La Trobe.
Stockholm.	59.20 N.	+ 34,4	Ronnow.
Pétersbourg.	59 56 N.	+ 30,6	Euler.
Abo.	60.27 N.	+ 34,2	Leche.
Islande (Eyafjord). . . .	66.30 N.	+ 20,9	Van-Scheels.
Hindoën (Norwège). . .	68.30 N.	+ 25,0	Schytte.
Ile Melville.	74.45 N.	+ 15,6	Parry.

Les nombres renfermés dans la table précédente auraient probablement éprouvé quelques modifications, si les journaux météorologiques d'où je les ai tirés embrassaient, dans chaque station, un intervalle de 8 ou 10 ans; on doit donc les considérer comme fournissant

seulement des limites *en moins*. Les résultats que Le Gentil a obtenus surpassent trop ceux de tous les autres voyageurs, pour qu'il ne vienne pas à la pensée que le thermomètre de cet académicien était en erreur de + 3 ou 4° ; mais je ne trouve point, dans les observations faites en mer, la confirmation de cette conjecture. On verra plus loin, en effet, qu'au milieu de l'Océan le thermomètre exposé à l'air libre se maintient vers + 31° centigrades sans jamais dépasser ce terme, même sous l'équateur : or, voici un extrait des journaux de Le Gentil :

	Latitude.	*Maximum* de température de l'air.
Océan Atlantique (1760).	2°.45′ N.	+ 30°,6
Idem.......... *idem*.	0.51 S.	+ 29,6
Idem.......... (1771).	0.12	+ 26,9
Idem.......... *idem*.	8.48 N.	+ 28,1

On trouve, il est vrai, des observations de cet académicien faites en 1766, à bord du Berryer, qui donnent + 32°,5, + 33°,7 et même + 35°,0 ; mais le bâtiment était alors dans le détroit de la Sonde, fort près de terre. Du reste, depuis qu'une seule année d'observations a offert au général Brisbane, à Paramatta, des températures au-dessus de + 41° centigrades, je ne vois pas pourquoi on s'étonnerait qu'à Pondichéri, beaucoup plus près de l'équateur, le thermomètre s'élevât jusqu'à + 45°.

Maxima *de température de l'atmosphère, observés en pleine mer, loin des continens.*

La table qui suit, comme le titre l'indique, renferme les *maxima* de température de l'atmosphère, observés par les navigateurs, en pleine mer, *loin des continens.*

	Dates.	Latitude.	Tempér.	Noms des Observateurs.
Océan Atlantiq.	1772, 14 août	14°.54′N.	+ 27°,5	Bayley.
Mer du Sud...	1773, 16 août	17.46 S.	+ 28,9	Bayley.
Océan Atlantiq.	1774, 23 mai	4. 5 N.	+ 28,3	Bayley.
Océan Atlantiq.	1772, 13 août	14.50 N.	+ 28,6	Wales.
Océan Atlantiq.	1775, 22 juin	11.12 N.	+ 29,2	Wales.
Océan Atlantiq.	1785, 29 sept.	0.0	+ 26,3	Lamanon.
Océan Atlantiq.	1788, nov.	0.58 S.	+ 27,2	Churruca.
Océan Atlantiq.	1791, 6 nov.	9.16 N.	+ 28,4	Dentrecast.
Mer des Moluq.	1792, 27 oct.	10.42 S.	+ 30,6	Dentrecast.
Mer des Moluq.	1793, 2 août	0. 3 S.	+ 29,7	Dentrecast.
Océan Atlantiq.	1800, mars.	0.33 S.	+ 27,7	Perrins.
Grand Océan..	1803, févr.	0.11 N.	+ 28,0	Humboldt.
Grand Océan..	1816, 26 déc.	11.14 N.	+ 30,0	Kotzebue.
Océan Atlantiq.	1816, 16 mars	4.21 N.	+ 27,8	John Davy.
Océan Atlantiq.	1816, 11 mai	4.43 N.	+ 27,5	Lamarche.
Mer de la Sonde	1816, 20 juin	5.38 N.	+ 29,4	Basil Hall.
Mer de la Chine	1816, 3 juill.	13.29 N.	+ 29,1	Basil Hall.
Mer des Indes.	1816, 7 août	2.10 N.	+ 28,1	John Davy.
Océan Atlantiq.	1816, 13 oct.	5.38 S.	+ 29,1	Lamarche.
Grand Océan..	1817, 27 sep.	20.10 N.	+ 30,3	Kotzebue.
Mer du Sud...	1818, 18 fév.	8.55 S.	+ 30,0	Kotzebue.
Méditerranée..	1818, 3 août	39.12 N.	+ 29,2	Gauttier.
Méditerranée..	1819, 24 juin	38.46 N.	+ 29,0	Gauttier.
Mer Noire.....	1820, 23 juin	44.42 N.	+ 29,4	Gauttier.

Ces nombreuses observations présentent entre elles trop d'accord pour ne pas nous autoriser à en conclure qu'en pleine mer, loin des continens, la température de

l'air ne s'élève jamais au-dessus de $+30^o$ centigrades. L'observation unique de Dentrecasteaux, du 27 octobre 1792, qui a donné $+30^o,6$, ne me semble pas devoir faire rejeter ce résultat, puisqu'il est possible que, dans ce cas particulier, la réverbération du bâtiment ait occasioné un degré d'augmentation.

Les journaux météorologiques qu'a insérés M. Louis de Freycinet dans le quatrième volume de la *Relation du Voyage* du capitaine Baudin, renferment des observations d'après lesquelles il paraîtrait qu'entre les tropiques, en pleine mer, l'air est quelquefois à $+34^o$ centigrades; mais je dois remarquer que le thermomètre était placé au pied du mât d'artimon, dans la batterie couverte de la corvette, c'est-à-dire, en un lieu où il devait faire plus chaud qu'à l'air libre; je dis où il devait, car je trouve, dans les observations de M. de Lamanon, qu'à bord de l'Astrolabe, surtout vers midi, le thermomètre extérieur marquait toujours moins que le thermomètre situé dans la chambre : la différence allait souvent à 2 ou 3° centigrades.

Le capitaine Tuckey rapportait, dans le journal de son malheureux voyage au fleuve Zaïre, qu'en 1800, durant une campagne qu'il avait faite dans la mer Rouge, le thermomètre centigrade marquait ordinairement :

à minuit......... $+36^o$ (jamais moins de $34^o,4$),
au lever du Soleil $+40^o$,
à midi......... $+44^o$ ou $+45^o$.

Ces résultats n'infirment pas la conséquence qui m'a paru résulter de la table précédente. En effet, j'y ai inséré, exclusivement, des températures déterminées *loin*

de terre ; or, M. Tuckey ne nous a point appris si, lorsqu'il observait le thermomètre à 40° et à 44°, son bâtiment ne longeait pas les côtes de l'Arabie, de la Nubie ou de l'Egypte. J'ajouterai que la mer Rouge est trop resserrée, pour qu'on ne doive pas supposer que les plages arides qui la bordent étendent leur influence calorifique jusque vers son milieu. Cette influence du voisinage des terres se fait, du reste, manifestement sentir en tout lieu. En ne considérant que les observations recueillies en pleine mer, le journal tenu par Wales, à bord de la *Résolution,* depuis le 21 juin 1772 jusqu'au 30 juillet 1775, ne présente point de température supérieure à + 29°,2 centigrades, quoique le bâtiment, dans cet intervalle, ait plusieurs fois croisé l'équateur; tandis qu'à la pointe Vénus, à la baie d'Owharre, à la baie d'Ohamaneno, à Bolabola, etc., par 17° $\frac{1}{2}$, 16° $\frac{3}{4}$ et 16° $\frac{1}{2}$ de latitude sud, le thermomètre libre, à bord de la *Résolution*, a marqué, en mai 1774, 34°, 35°, et même 36°,1 centigrades.

Maxima *de température de la mer à sa surface.*

Pour compléter les documens météorologiques que je me suis proposé de réunir dans ces articles, il me reste à former une table des *maxima* de températures qu'acquiert la mer à sa surface, aux époques les plus chaudes de l'année.

	Latit.	Longitude de Paris.	Tempér.	Dates.
Océan Atlant.	7° N.	20° $\frac{3}{4}$ O.	+ 26°,9	1772, 23 août (1).
Mer du Sud.	17 $\frac{1}{4}$ S.	208 E	+ 28,9	1773, 18 août (2).
Océan Atlant.	4 N.	24 E.	+ 28,3	1774, 23 mai (3).
Océan Atlant.	6 $\frac{1}{4}$ N.	22 $\frac{1}{5}$ O	+ 28,7	1788, octobre (4).
Océan Atlant.	2 S.	29 $\frac{3}{4}$ O	+ 28,6	1803, avril (5).
Océan Atlant.	7 N.	25 $\frac{1}{2}$ O	+ 28,8	1803, novemb. (6).
Océan Atlant.	0 $\frac{1}{3}$ O.	22 $\frac{1}{3}$ O	+ 28,2	1804, mars (7).
Océan Atlant.	4 N.	21 O.	+ 28,6	1816, 16 mars (8).
Océan Atlant.	5 N	26 O.	+ 27,5	1816, 10 mai (9).
Mer de Chine.	13 $\frac{1}{2}$ N.	110 $\frac{1}{2}$ E.	+ 29,1	1816, 3 juill. (10).
Océan Atlant.	7 $\frac{1}{3}$ N	24 $\frac{1}{2}$ O.	+ 27,3	1816, 14 juill. (11).
Mer de Ceylan	2 $\frac{1}{2}$ N.	75 $\frac{1}{2}$ E.	+ 28,9	1816, 9 août (12).
Océan Atlant.	10 N.	20 $\frac{1}{2}$ O	+ 29,1	1816, 18 oct. (13).
Mer des Indes.	1 N.	91 E.	+ 29,6	1816, 25 nov. (14).
Grand Océan.	9.49′ N.	170 $\frac{3}{4}$ E.	+ 27,6	1816, 30 déc. (15).
Au nord de Sumatra...	5 $\frac{1}{3}$ N.	98 E.	+ 28,9	1817, 8 mars (16).
Grand Océan.	9.59 N.	153 $\frac{1}{4}$ E.	+ 30,5	1817, 13 nov. (17).
Mer de la Sonde	4.21 S.	104 $\frac{1}{4}$ E.	+ 29,1	1818, 11 fév. (18).

Toutes les observations réunies dans le tableau précédent confirment les conséquences que M. de Humboldt avait déjà tirées de celles de Churruca, Quevedo, Rodman, Perrins, et des siennes propres. Elles montrent

(1) W. Bayley.
(2) *Idem.*
(3) *Idem.*
(4) Churruca.
(5) Quevedo.
(6) Rodman.
(7) Perrins.
(8) John Davy.
(9) Lamarche.
(10) Basil Hall.
(11) Ch. Baudin.
(12) John Davy.
(13) Lamarche.
(14) Ch. Baudin.
(15) Kotzebue.
(16) Basil Hall.
(17) Kotzebue.
(18) Kotzebue.

qu'en aucun lieu du globe, qu'en aucune saison, la température de l'Océan ne monte jusqu'à + 31° centigrades.

A quel point la température de la mer, sous chaque latitude, peut-elle être modifiée par le voisinage des continens et surtout par les courans polaires ? Nous manquons de données pour résoudre complètement cette question : on peut dire toutefois que cette influence n'est pas douteuse, et qu'elle produit, dans quelques localités, plusieurs degrés de variation. Ainsi, par exemple, M. Gauttier, dans ses campagnes hydrographiques de la Méditerranée, a trouvé, en août 1819, la température de la mer de + 26°,9 centigrades. Le bâtiment était alors par 40° ½ de latitude nord et 22°.3′ de longitude orientale, entre l'île de Tasso et le mont Athos. Je ne pense pas que dans des mers non resserrées par des détroits et dont les eaux peuvent conséquemment se mêler sans obstacle à celles des courans polaires, on ait jamais, par 40° de latitude, trouvé une température aussi forte.

RÉSUMÉ.

On peut déduire, je crois, de l'ensemble des observations précédentes, les conséquences que voici :

Dans aucun lieu de la terre et dans aucune saison, un thermomètre élevé de deux ou trois mètres au-dessus du sol et à l'abri de toute réverbération, n'*atteindra le 37ᵉ degré Réaumur* ou le 46ᵉ *degré centigrade.*

En pleine mer, la température de l'air, quels que soient le lieu et la saison, *n'atteint jamais le 25ᵉ degré Réaumur ou le 31ᵉ degré centigrade.*

Le plus grand degré de froid qu'on ait jamais observé sur notre globe avec un thermomètre suspendu

dans l'air, est de 40° *Réaumur ou de* 50° *centigrades au-dessous de zéro* (1).

La température de l'eau de la mer, sous aucune latitude et dans aucune saison, ne s'élève au-dessus de +24° *Réaumur ou de* +30° *centigrades.*

Sur la Température moyenne du pôle Nord.

Les navigateurs ne s'étant encore avancés dans la direction du nord que jusqu'au 82e degré de latitude, il n'existe pas d'observations directes propres à faire connaître la température qui règne au 90e. Les météorologistes avaient naguère, à ce sujet, des idées très-erronées que les voyages des capitaines Parry et Franklin ont considérablement modifiées. Peut-être même a-t-on maintenant recueilli assez de données pour qu'il soit permis d'en conclure, avec une certaine approximation, le nombre de degrés qui exprime la température moyenne du pôle.

A parité de latitude, on trouve de fort grandes discordances entre les températures moyennes déterminées sur

---

(1) Certains corps, tels que la laine, la neige, etc., prennent, par l'effet du rayonnement, quand le ciel est serein, une température de dix à douze degrés inférieure à celle de l'air qui les baigne. On peut donc supposer qu'au moment où le thermomètre du capitaine Franklin marquait —50°, on aurait trouvé —60° si la boule avait touché la neige dont le sol était recouvert. Peut-être 60° expriment-ils la température la plus basse que les corps terrestres puissent jamais naturellement acquérir à la surface du globe.

des méridiens éloignés. Le long de la côte occidentale d'Europe, les résultats sont à-peu-près égaux à ceux qu'on obtient en pleine mer, dans l'Océan Atlantique; mais ils diffèrent beaucoup des températures moyennes qui règnent en Amérique sous les mêmes parallèles, surtout quand on choisit, dans ce continent, des lieux situés sur un méridien fort avancé dans l'intérieur des terres. Si l'on admet, contre toute probabilité, que le Nouveau-Monde se prolonge jusqu'au pôle, soit d'une manière continue, soit par un archipel composé d'îles fort rapprochées, la température de ce point s'obtiendra en discutant les seules observations faites sur le méridien américain. Si, au contraire, on suppose que l'Océan baigne le pôle, on pourra espérer d'arriver au résultat en employant exclusivement les observations des capitaines baleiniers, d'Islande, et peut-être aussi de quelques points de la côte d'Écosse et de Norwège. Voyons d'abord ce que donnerait la première hypothèse.

	Latitude.	Température moyenne.
Cumberland-House....	54°	— 0°,5 centig.
Nain................	$57\frac{1}{7}$	— 3,0
Fort-Entreprise.......	$64\frac{1}{2}$	— 9,2
Winter-Island.........	$66\frac{1}{5}$	— 12,5
Ingloolik-Island.......	$69\frac{1}{2}$	— 13,9
Melville-Island........	75	— 18,5

La marche des nombres, dans ce tableau, en faisant une petite part pour les erreurs des diverses températures moyennes qu'on y trouve inscrites, est, comme on peut voir, assez régulière. En admettant que la même loi

s'observe entre le 75ᵉ et le 90ᵉ degré de latitude, on trouvera que la température moyenne du pôle doit être d'environ — 32° centigr.

Si nous passons maintenant à l'autre cas; si nous supposons que l'Océan Atlantique se prolonge librement jusqu'au 90ᵉ degré de latitude, il faudra employer ces nouveaux élémens :

	Latitude.	Températ. moyen.
Edimburgh...............	55°.57′	+ 8°,4 centig.
Christiania..............	59.55	+ 4,9
Eyafjord (Islande)........	66 $\frac{1}{2}$	+ 0,6
En mer (sous le méridien de Londres)...........	76,45	— 7,5
En mer (*idem*),.........	78	— 8,3

En liant, autant que possible, tous ces nombres par une formule, et cherchant ensuite ce qu'elle donne pour la température moyenne du pôle, on trouve — 18° centigrades environ. La première hypothèse nous avait conduit à — 32° centigrades. Ainsi, même en admettant comme légitime l'extension que j'ai donnée aux formules, il resterait une incertitude de 14° sur le résultat, à cause de notre ignorance relativement aux limites boréales de l'Amérique.

En attendant de nouvelles observations, il semble qu'on peut fixer à — 25° centigrades la température moyenne du pôle.

Il y a soixante ans, Mayer la supposait de 0 degrés. C'est le célèbre navigateur Scoresby qui, le premier, a signalé l'erreur de la détermination de l'astronome de Gottingue.

Déclinaison et inclinaison de l'aiguille aimantée en 1824.

Le mouvement *rétrograde* de l'aiguille aimantée a été moins grand de 1823 à 1824, que de 1822 à 1823. Je dois même ajouter que, pour certains mois, les déclinaisons moyennes de 1824 sont à peine inférieures à celles de 1823. Le mouvement oriental, dont l'existence ne remonte guère qu'aux années 1818 ou 1819, serait-il déjà sur le point de se transformer en un mouvement contraire? Les observations de 1825 décideront probablement cette question.

Le 13 juin 1824, à 1 *h.* $\frac{1}{4}$ après midi, j'ai trouvé, pour la déclinaison occidentale de l'aiguille, $22^{\circ}23'\frac{1}{4}$.

D'après des observations faites plusieurs fois par jour avec une boussole fixe, l'inclinaison a diminué, depuis l'an dernier, d'environ 2 minutes. Sa valeur moyenne en 1824 doit être conséquemment de $68^{\circ}.7'$.

COMPARAISON *des moyens de communication entre la capitale et les provinces en* 1824, *avec ceux qui existaient il y a soixante ans.*

En 1766, *vingt-sept* coches partaient chaque jour de Paris pour diverses provinces; ils contenaient environ deux cent soixante-dix voyageurs.

Maintenant, près de *trois cents* voitures sont dirigées chaque jour de la capitale sur les départemens. Ces voitures peuvent conduire plus de trois mille voyageurs.

Le prix du dernier bail de la ferme des Messageries, avant 1792, fut de 600,000 francs.

Le produit annuel de la taxe sur les voitures publiques est maintenant de près de 4,000,000 fr.

Vers le milieu du siècle dernier, un voyageur payait 50 francs pour se rendre de Paris à Lyon par le coche. Il y arrivait le *dixième* jour.

Aujourd'hui, pour un prix moyen de 72 francs, il arrive *en moins de trois* jours.

Le carrosse de Rouen mettait autrefois *trois jours* à s'y rendre : on payait 15 francs par place.

On paie encore 15 francs aujourd'hui ; mais *on n'est que douze ou treize heures* en chemin.

En 1766, on ne trouvait à Paris que *quatorze* établissemens de roulage ; maintenant on en compte *soixante-quatre*.

(J'ai tiré ces détails d'un mémoire très-instructif de M. Girard, sur les avantages respectifs des divers moyens de transport).

MOUVEMENT *de la population de la ville de Paris, pendant l'année* 1823, *fourni par la Préfecture du Département.*

NAISSANCES	à domicile	en mariage...	garçons	8622	16958
			filles	8336	
		hors mariage..	garçons	2468	4882
			filles	2414	
	aux hôpit.	en mariage...	garçons	145	306
			filles	161	
		hors mariage..	garçons	2517	4924
			filles	2407	
				TOTAL.....	27070.

NAISSANCES	des garçons. . .	13,752	
	des filles.	13,318	
		27,070.	

Enfans naturels.	reconnus, compris dans les naissances ci-dessus.	masc.	1170	2221
		fémin.	1051	
	abandonnés . . .	masc.	3825	7585
		fémin.	3770	
		Total.		9806.

DÉCÈS	à domicile.	masc.	7176	15273
		fémin.	8097	
	aux hôpitaux . . .	masc.	4049	8227
		fémin.	4178	
	militaires	masc.	659	661
		fémin.	2	
	dans les prisons. . .	masc.	29	72
		fémin.	43	
	déposés à la morgue	masc.	213	267
		fémin.	54	
		Total.		24500.

MARIAGES,	Garçons et filles . . .	6280	7,504
	garçons et veuves. . .	332	
	veufs et filles	680	
	veufs et veuves	212	

Enfans morts nés	masculins	847	1,509
	féminins	662	

Décès par suite de la petite-vérole en 1823.

AGES DE LA NAISSANCE.	MASCUL.	FÉMIN.	TOTAL.
Dans leur 1re année.	33	34	67
D'un à 2 ans . . .	44	19	63
De 2 à 3 ans . . .	44	52	96
De 3 à 4 ans . . .	40	34	74
De 4 à 5 ans . . .	38	26	64
De 5 à 6 ans.. . .	26	23	49
De 6 à 7 ans . . .	22	16	38
De 7 à 8 ans . . .	13	12	25
De 8 à 9 ans . . .	8	9	17
De 9 à 10 ans. . .	4	9	13
De 10 à 15 ans. . .	19	17	36
De 15 à 20 ans. . .	22	14	36
De 20 à 25 ans. . .	27	13	40
De 25 à 30 ans. . .	44	4	48
De 30 à 35 ans. . .	6	1	7
De 35 à 40 ans. . .	3	»	3
De 40 à 50 ans. . .	»	1	1
De 50 à 55 ans. . .	1	»	1
De 55 à 81 ans. . .	1	»	1
TOTAL. . .	365	284	649

N. B. Les décès pour cause de petite-vérole sont compris dans les décès précédens.

Consommation de l'année 1823 dans la ville de Paris.

Boissons.	Vins	hectolitres.	915,958
	Eaux-de-vie	*id.*	51 416
	Cidre et Poiré	*id.*	11,465
	Vinaigre	*id.*	16,860
	Bière	*id.*	130,069
	Raisins	½ kilogram.	536,617
Comestibles (1).	Bœufs	têtes.	76,018
	Vaches	*id.*	10,394
	Veaux	*id.*	74,096
	Moutons	*id.*	363,048
	Porcs et Sangliers	*id.*	89,562
	Viande à la main	kilogr.	2,009,638
	Abats et Issues	*id.*	609,474
	Fromages secs	*id.*	1,351,780
	Marée { montant de la vente sur les marchés, en francs }		4,027,196
	Huîtres	francs.	889,065
	Poissons d'eau douce	*id.*	547,191
	Volailles et Gibiers	*id.*	8,637,875
	Beurre	*id.*	8,465,824
	Œufs	*id.*	3,857,148
Fourr. et grains.	Foin	bottes.	9,026,914
	Paille	*id.*	13,786,260
	Avoine	hectolitres.	1,108,058

NOTE *sur des Lingots de cuivre obtenus par la voie humide.*

Communiquée par M. CLÉMENT.

LES belles expériences de Hall nous ont appris que du carbonate de chaux en poussière, matière si éminemment décomposable par la chaleur, pouvait se fondre à une haute température sans perdre son acide

---

(1) Les grains et farines vendus à la Halle ne figurent pas dans ce tableau, attendu que ces ventes ne donneraient pas la consommation réelle de la ville, évaluée à 1500 sacs par jour, en temps ordinaire. — Lorsque le prix du pain est plus élevé hors de Paris que dans son enceinte, les dehors n'y apportant pas et en tirant au contraire, la consommation journalière n'a plus de règle; elle est de 1700 sacs et au-delà.

carbonique, si une grande pression le retenait, et présenter, après le refroidissement, une masse solide semblable au marbre naturel.

De même qu'autrefois on pensait que la formation de cette pierre était nécessairement due à la voie humide, et ne pouvait pas être le produit du feu; de même, aujourd'hui on croit généralement qu'un morceau de cuivre, solide et susceptible de se forger, a dû être fondu par le feu et acquérir sa cohésion par le refroidissement. Le cuivre, précipité de ses dissolutions par un agent quelconque, a toujours été vu en poudre très-fine sans aucune agrégation.

Voici un fait qui prouve qu'un lingot de cuivre, qu'on croit nécessairement le produit du feu, peut être celui de la voie humide. Je dois cette observation à M. Mollerat, qui me l'a communiquée dernièrement, lors d'une visite que je lui ai faite dans sa belle manufacture de vinaigre de bois, en Bourgogne.

Dans une suite de manipulations dont le but est de préparer du sulfate de cuivre par la calcination du cuivre avec le soufre, on obtient des dissolutions de ce sulfate qui sont rendues troubles par du sous-sulfate insoluble. On les dépose dans une cuve pour les faire éclaircir; cette cuve est à moitié enterrée. C'est contre ses parois intérieures et toujours sur le joint de deux douves, qu'on voit se former de petits champignons de cuivre métallique qui grossissent peu à peu, et finiraient sans doute par faire d'assez grosses masses. J'en possède plusieurs échantillons que j'ai détachés de la cuve, et auxquels il est resté du bois adhérent.

Sur un côté, on voit que ces morceaux de cuivre se

sont moulés sur le bois de la cuve, dont les stries y paraissent imprimées; de l'autre côté, ils ont la forme de mamelons, et présentent de très-petites facettes brillantes qui sont sans doute des faces cristallines.

L'un de ces échantillons pèse plus de 75 grammes.

On conçoit assez facilement, ainsi que me l'a dit M. Mollerat, l'action chimique qui a dû occasioner la revivification de ce cuivre. Il existe sûrement dans la dissolution un sulfate de protoxide, lequel, en passant à l'état de sulfate de deutoxide, aura déposé le cuivre qui aura cédé à ce nouveau sel son oxigène et son acide. Il est évident que la revivification du cuivre peut avoir lieu ainsi sans le secours du fer, et effectivement il n'y en a pas de traces dans l'intérieur de la cuve. Ce n'est pas cette portion du phénomène qui me paraît la plus remarquable, c'est la cohésion acquise par le cuivre ainsi précipité au milieu d'une dissolution : cohésion assez grande pour permettre de le forger à froid et de le réduire en feuilles minces, et dont on peut juger par la pesanteur spécifique que j'ai trouvée de 87,80, c'est-à-dire, égale à celle du cuivre fondu.

D'ailleurs, j'ai limé un des morceaux, et j'y ai produit une surface aussi brillante et aussi pleine que celle qu'aurait présentée un lingot de cuivre ordinaire.

ERRATA.

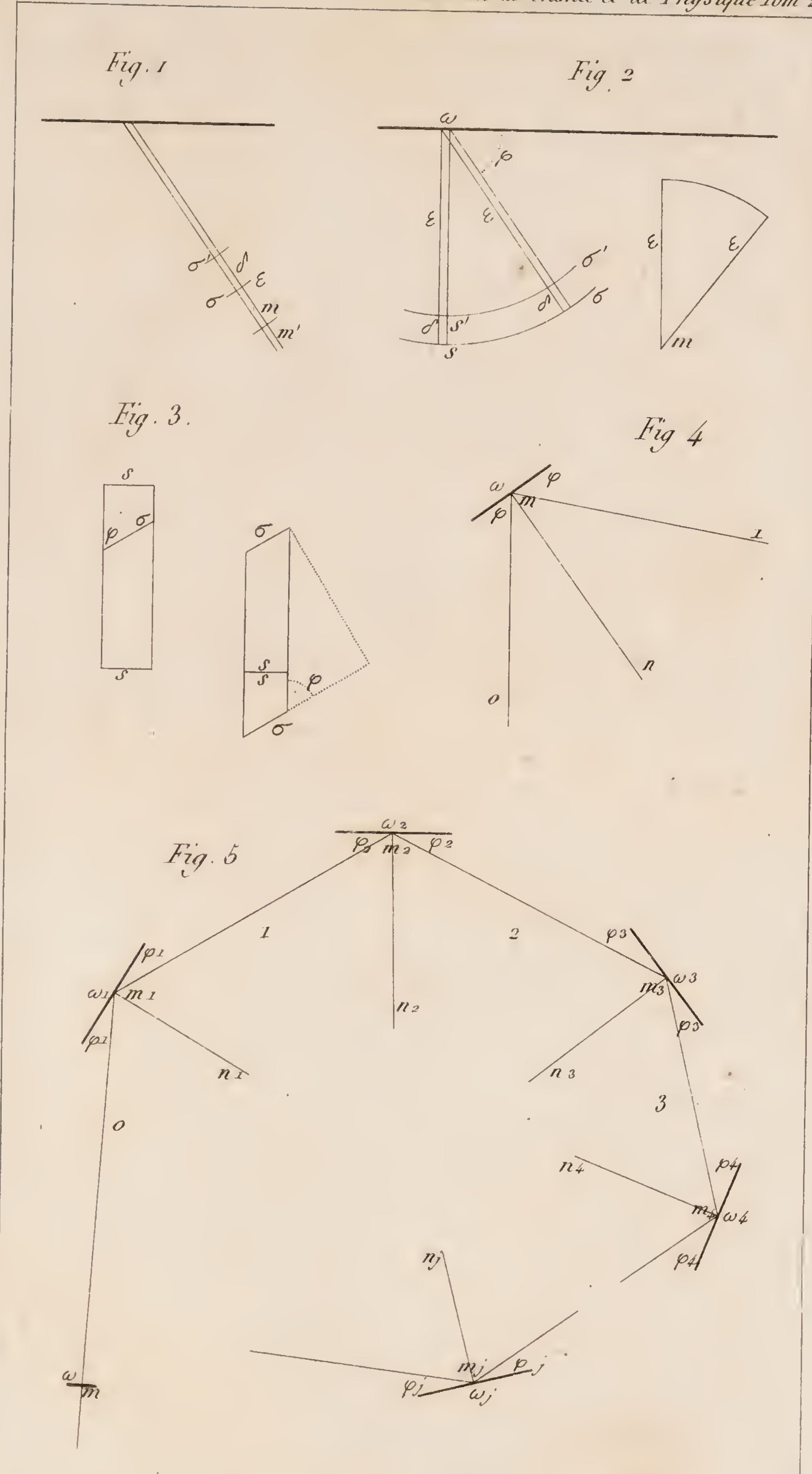
Page 328, ligne 6 : *au lieu de*, 84,82, *lisez*, 84,42.
Même page, ligne 26 : *au lieu de*, 23,641, *lisez*, 25,641.
Page 333, ligne 12 : *au lieu de*, essayé, *lisez*, essuyé.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	741,84	+11,4	85	745,68	+10,4	95	745,93	+ 9,5	95	749,10	+ 6,2	98	+11,4	+ 6,2	Pluie fine.	S. S. O.
2	753,52	+ 3,2	96	753,40	+ 7,1	86	752,66	+ 7,5	85	750,80	+ 4,6	95	+ 7,5	+ 2,5	Nuageux.	O. S. O.
3	747,56	+ 7,0	94	748,58	+ 9,2	96	749,48	+10,0	97	750,60	+ 8,0	99	+10,0	+ 6,5	Très-nuageux.	S. S. O.
4	746,87	+ 6,2	90	756,08	+ 8,2	81	745,53	+ 8,8	85	746,72	+ 8,8	99	+ 8,8	+ 5,7	Couvert, brouillard	E.
5	748,07	+10,0	95	748,74	+12,7	94	749,98	+12,5	92	755,11	+ 8 3	99	+13,0	+ 7,5	Couvert, brouillard.	S.
6	755,56	+ 6,5	99	754,77	+11,7	99	754,30	+10,5	91	752,84	+ 5,5	99	+11,8	+ 5,5	Couvert, brouillard.	S. S. O.
7	750,20	+ 6,7	93	750,05	+ 7,3	93	749,94	+ 9,0	79	753,46	+ 5,1	95	+ 9,3	+ 4,5	Nuageux.	S. O.
8	758 04	+ 5,2	92	758 06	+ 8,1	84	757,44	+ 8,5	86	756 65	+ 6,0	93	+ 8,5	+ 3,8	Nuageux.	S. O.
9	754,42	+ 6,5	89	753,67	+ 7,6	91	752,80	+ 7,0	99	752,03	+ 6,7	99	+ 7,6	+ 5,5	Couvert, brouillard.	S. O.
10	755,28	+ 3,5	95	757,45	+ 5,6	87	759 00	+ 5,5	85	762,20	— 0,5	99	+ 5,6	— 1,6	Nuageux.	N. N. O.
11	765,10	+ 1,5	99	764,90	+ 2,6	97	764,57	+ 5 0	86	764,74	+ 4,8	99	+ 5,[illegible]	— 3,0	Nuageux, brouill.	S. E.
12	766,71	+ 8,2	99	767,58	+10,1	94	767,86	+ 9,6	98	770,36	+ 8,5	98	+10,1	+ 7,7	Couv temps hum.	O.
13	771,62	+ 8,0	96	771,18	+ 9,6	96	770,32	+ 8,9	95	771,25	+ 8,0	96	+ 9,6	+ 8,0	Couvert, brouillard.	O.
14	771,30	+ 7,2	95	771,09	+ 8,2	91	769,57	+ 7,5	92	767,80	+ 5,8	98	+ 8,3	+ 5,7	Couvert, brouillard.	S. O.
15	764,60	+ 3,4	98	763,60	+ 5,2	97	762,10	+ 6,5	97	760,42	+ 7,2	99	+ 7,2	+ 3,4	Couvert, brouillard.	S. O.
16	755,00	+ 8,7	99	754,70	+10,4	99	754,40	+10,9	99	757,38	+ 6,7	97	+10,9	+ 6,7	Pluie, brouillard.	O.
17	760,52	+ 4,5	98	760,97	+ 7,2	93	760,76	+ 7,5	92	761,26	+ 6,2	99	+ 7,5	+ 4,5	Couvert, brouillard.	O. S. O.
18	763,36	+ 7,2	99	764,23	+ 9,0	98	764,10	+ 9,2	99	764,66	+ 9,0	99	+ 9,3	+ 6,7	Couvert, pluie fine.	S. O.
19	765,1	+ 7,7	99	764,83	+10,7	95	764,00	+10,5	94	762,44	+ 6,5	99	+10,8	+ 6,5	Eclaircies, brouill.	S. O.
20	752 49	+ 8,2	97	751,30	+11,0	97	750,68	+12,2	96	755,42	+ 7,8	83	+12,3	+ 5,2	Couvert.	S. S. O.
21	755,60	+ 4,5	95	753,24	+ 7,5	92	750,60	+ 8,2	96	748,72	+10,7	95	+10,7	+ 3,7	Pluie fine.	S. O.
22	744,97	+11,0	94	740,95	+12,0	90	738,85	+10,5	93	740,03	+ 8,5	86	+12,[illegible]	+ 8,5	Pluie fine.	S. O.
23	752,14	+ 2.9	92	754 40	+ 5,0	76	756,96	+ 4,5	63	759,63	+ 0,3	92	+ 5,0	+ 0,2	Nuageux	O. N. O.
24	757,06	+ 3,0	91	752,00	+ 3,2	89	749,34	+ 6,2	99	754,52	+ 7,2	99	+ 7,3	+ 2,5	Pluie, brouillard.	S. S. O.
25	754,65	+ 6,8	99	752,77	+11,0	99	752,84	+12,5	99	753 44	+12,7	92	+12,7	+ 6 5	Couv., temps humid.	S. O.
26	758,42	+10,5	90	759,75	+11,2	85	761,55	+ 9 2	83	763,93	+ 5,8	98	+11,3	+ 5,4	Nuageux.	O. N. O.
27	763,72	+ 5,3	99	762,30	+ 9,5	95	761,06	+ 9,2	98	759,93	+10,0	99	+10,0	+ 4,2	Nuageux, brouillard.	S. O.
28	760,67	+10.0	94	760,04	+10,8	91	759,12	+10,2	94	758,35	+ 9,5	99	+10,8	+ 9,5	Couvert, brouillard.	S O.
29	756,83	+ 9,9	95	758 13	+ 7.5	99	759 74	+ 5,5	96	765,20	+ 3,7	98	+ 9,9	+ 3,7	Pluie. brouillard.	O. S. O.
30	769,63	+ 1,0	99	765,46	+ 5,8	95	769,36	+ 7,2	96	769.67	+ 8,0	98	+ 8,0	— 1,5	Nuageux.	S.
31	770,25	+ 7.4	92	369 52	+ 9,2	86	768,53	+ 9,0	93	768.40	+ 8,0	95	+ 9,3	+ 6,7	Couvert.	S. O.
1	751,44	+ 6 6	93	751,65	+ 8 8	91	751,71	+ 8,9	89	752,95	+ 5,9	97	+ 9,3	+ 4,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	[illegible]	+ 6,2	98	763,41	+ 8,4	95	762,84	+ 8,8	95	763,57	+ 7,0	97	+ 9,1	+ 5,1	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 3,300
3	757,39	+ 6,6	95	757,51	+ 8,1	[illegible]	757,11	+ 8,4	92	758,55	+ 7 7	95	+ 9,7	+ 4 5	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 2,748
	757,86	+ 6,5	95	757,53	+ 8,5	93	757,21	+ 8,7	92	758,29	+ 6,9	97	+ 9,4	+ 4 7	Moyennes du mois,	+ 7°,1.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU VINGT-SEPTIÈME VOLUME.


Fig. 1
σ'
δ
ε
σ
m
m'
Fig. 2
ω
φ
ε
ε
σ'
δ
σ
δ'
s'
s
ε
ε
m
Fig. 3.
s
φ
σ
s
σ
s
s
φ
σ
Fig 4
ω
φ
m
φ
1
n
o
Fig. 5
ω2
φ2
m2
φ2
1
2
φ1
ω1
m1
φ1
n2
φ3
m3
ω3
φ3
n1
n3
o
3
n4
φ4
m4
ω4
φ4
nj
mj
φj
φj
ωj
ω
m

